



GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

Vol.19 No.2

# 广州环境科学

第十九卷 第二期



广州市环境科学学会 主办

2

2004

首届穗版内部资料优秀奖  
中国科技期刊数据库入编期刊

## 《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 蔡梅茜 熊晓琪

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

### 水环境及污染防治

水库水环境容量计算中未确知信息的数学处理

..... 朱小娟, 黄 平 (1)

大坦沙污水处理厂中水回用试验研究

..... 伍志跃 (4)

MBR 在医疗污水处理中的工程实例分析

..... 满运华 (8)

### 大气环境及污染防治

广州城市灰霾的出现及其警示

..... 刘攸弘 (12)

广州市大气挥发性有机物污染初探

..... 冯艳丽, 何秋生, 文 晟, 等 (15)

甲苯废气生物净化过程的动力学模拟研究

..... 李章良, 徐 静 (18)

### 噪声及污染防治

城市道路交通噪声污染控制技术及其效果调查分析

..... 胡迪琴, 卢庆普, 何志辉, 等 (22)

### 环境监测与分析

杯芳烃及其衍生物在金属离子分析中的应用

..... 李 莉, 王小波, 姚素心 (27)

卫星遥感技术在环境监测和管理中的应用期望

..... 黄有泉, 崔 侠 (31)

### 环境管理与监理

潭江流域水资源开发与饮用水源地保护探讨

..... 陈志良, 王成刚, 廖 华, 等 (34)

市场经济条件下区级环境监测站发展方向探讨

..... 许 毅, 杨建波 (38)

### 环境评价

灰色聚类法在大气环境质量评价中的应用

..... 朱庆峰, 张淑娟 (41)

工业区群环境影响评价探讨

..... 曾学云, 吴群河 (45)

### 动态与信息简讯

废干电池资源回收技术取得新突破 (21) 广州市总体环境质量继续保持良好 (44)

### 封面摄影

新世纪羊城新八景——珠水夜韵

毕鉴添

## 水库水环境容量计算中未确知信息的数学处理

朱小娟 黄 平

(中山大学环境科学与工程学院, 广州 510275)

**摘 要** 由于水体水环境系统信息的不确定性,因此运用未确知数学理论,对未确知信息下的水库水环境容量进行计算。由水库水环境容量的计算公式,依据未确知有理数的运算法则和未确知数学的期望公式,求得水库水环境容量的期望值,还可以获得相应的主观可信度。研究表明,运用未确知数学计算不确定性信息下的水库水环境容量,理论上可行,计算结果可信,为水质管理和保护提供了科学依据。

**关键词** 水环境容量 不确定性信息 未确知有理数 可信度 未确知期望值

水环境容量是指在一定环境功能条件下,水环境所能容纳污染物的最大允许负荷量<sup>[1]</sup>。显然,这样定义的水环境容量是与一定设计条件相对应的一个确定数值,并不是水体实际状态下的环境容量。由于水体中水文、水质和水力要素等条件随着时空而变化,往往存在一定的不确定性,水环境容量也随之发生变化。这种信息的不确定性称之为“未确知性”,定义为由于条件限制,在进行决策时尚无法确知的信息<sup>[2-4]</sup>。目前,未确知信息作为一种特定的不确定性信息,在环境科学领域中的研究相对较少,本文试将未确知信息的数学处理方法应用于水库的水环境容量计算<sup>[5-6]</sup>。

### 1 未确知数学的原理

#### 1.1 未确知有理数的概念

为了描述和分析这种信息的未确知性引入了未确知有理数的概念<sup>[4]</sup>。未确知有理数是最基本的、使用方便的未确知数,它是实数的推广,能够比较精细地刻划和表达许多客观现实中的未确知量。

定义 1: 设  $a$  为任意实数,  $0 < a \leq 1$ , 称  $[[a, a], \phi(x)]$  为一阶未确知有理数, 其中  $\phi(x) = \begin{cases} a, x=a \\ 0, \text{其它} \end{cases}$ , 其直观意义指  $x$  为确知成份  $a$  的可信度是  $a$ 。

定义 2: 对任意闭区间  $[a, b]$ ,  $a = x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$ , 称  $[[a, b], \phi(x)]$  为  $n$  阶未确知有理数, 其中

$$\phi(x) = \begin{cases} \alpha_i, x=x_i (i=1, 2, \dots, n) \\ 0, \text{其它} \end{cases}, \text{且 } 0 < \sum_{i=1}^n \alpha_i = \alpha \leq 1,$$

称  $\alpha, [a, b], \phi(x)$  分别为该未确知有理数的总可信度、取值区间、可信度分布密度函数。

#### 1.2 未确知有理数的运算法则

设 “\*” 是表示未确知有理数的一种运算法则, 可以是 +、-、 $\times$ 、 $\div$  中的一种。有未知有理数  $A, B$ ,  $A = [[x_1, x_n], f(x)]$ , 其中

$$f(x) = \begin{cases} f(x_i), x=x_i (i=1, 2, \dots, n) \\ 0, \text{其它} \end{cases}, \text{且 } 0 < \sum_{i=1}^n f(x_i) = \alpha \leq 1$$

$B = [[y_1, y_m], g(y)]$ , 其中

$$g(y) = \begin{cases} g(y_j), y=y_j (j=1, 2, \dots, m) \\ 0, \text{其它} \end{cases}, \text{且 } 0 < \sum_{j=1}^m g(y_j) = \beta \leq 1$$

(1)  $A$  与  $B$  的可能值带边矩阵是指以实数列  $x_1, x_2, \dots, x_n$  作为矩阵的纵边, 以  $y_1, y_2, \dots, y_m$  作为矩阵的横边, 以  $x_1 * y_1, x_2 * y_2, \dots, x_n * y_m$  组成的矩阵。

(2)  $A$  与  $B$  的可信度带边矩阵是指以  $f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)$  作为矩阵的纵边, 以  $g(y_1), g(y_2), \dots, g(y_m)$  作为矩阵的横边, 以  $f(x_1) * g(y_1), f(x_2) * g(y_2), \dots, f(x_n) * g(y_m)$  组成的矩阵。

(3) 将  $A$  与  $B$  的可能值矩阵中的元素从小到大排成一行:  $z_1, z_2, \dots, z_k$ , 其中相同的元素算作一个。若  $z_k$  在可能值矩阵中有  $s_i$  个不同位置, 对可信度矩阵中相对应的  $s_i$  个位置上的元素之和记为  $\gamma_i$ , 可得序列  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k$ 。

则未确知有理数计算结果表示为:

$A * B = [[z_1, z_k], \phi(z)]$ , 其中

$$\phi(z) = \begin{cases} \gamma_i, z = z_i (i=1, 2, \dots, k) \\ 0, \text{其它} \end{cases}, \text{且 } 0 < \sum_{i=1}^k \gamma_i \leq 1$$

### 1.3 未确知有理数的数学期望

设未确知有理数  $A = [[x_1, x_n], f(x)]$ , 其中

$$f(x) = \begin{cases} f(x_i), x = x_i (i=1, 2, \dots, n) \\ 0, \text{其它} \end{cases}, \text{且 } 0 < \sum_{i=1}^n f(x_i) = \alpha \leq 1,$$

则称一阶未确知有理数  $E(A) = [[\frac{1}{\alpha} \sum x_i \alpha_i, \frac{1}{\alpha} \sum x_i \alpha_i]$ ,

$\phi(x)]$  为未确知有理数  $A$  的数学期望, 其中

$$\phi(x) = \begin{cases} \alpha, x = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^n x_i \alpha_i \\ 0, \text{其它} \end{cases}$$

显然, 当  $\alpha=1$  时,  $E(A)$  为实数, 当  $\alpha < 1$  时,  $E(A)$  为一阶未确知有理数, 而不是实数。

## 2 应用实例

### 2.1 水库水环境容量计算公式

水库水环境容量是由水体的稀释容量、自净容量和迁移容量三部分相加而得到的<sup>[7]</sup>。对于水库水体的环境容量, 按保持某种水质标准的污染物排放量进行计算, 并取枯水期水体容量为安全体积, 其计算公式为:

$$W = (C_s - C_0) V / \Delta T + KVC_s + (C_s - C_0) q$$

式中:  $C_s$ ——水库的水环境控制目标浓度 (mg/L);

$C_0$ ——水库的背景浓度值 (mg/L);

$V$ ——历年最枯蓄水量 ( $m^3$ );

$\Delta T$ ——枯水时段, 取决于水库水位年内变化 (d);

$K$ ——水体污染物的自然衰减系数 (1/d);

$q$ ——安全库容期间, 从水库排泄出的水流量 ( $m^3/d$ )。

### 2.2 水库资料信息

以揭阳市的下三坑水库为例计算水环境容量, 计算因子采用  $COD_{Cr}$ 。下三坑水库为一中型水库, 位于普宁市大南山镇新六村, 该水库功能区相应的  $COD_{Cr}$  水质目标  $C_s$  是 20 mg/L, 最枯蓄水量是 27 万  $m^3$ , 枯水季节一般为 5 个月, 即  $\Delta T=150$  d, 枯水期间, 水库处于蓄水状态, 排水量小且变化不大。通过对水库设计期

内水文、水质资料和观测数据进行分析和处理, 把各参量分别按数值大小进行排列, 可将其划分为若干区间, 以区间出现频率作为相应的可信度, 区间数据平均值代表相应的区间数据, 则得污染物浓度  $C_0$  (mg/L)、污染物自然衰减系数  $K$  (1/d) 和排水量  $q$  ( $m^3/d$ ) 的未确知信息如下:

$$C_0 = [[16.2, 17.8], \phi_1(C_0)]$$

$$\phi_1(C_0) = \begin{cases} 0.333\ 3, C_0=16.2 \\ 0.333\ 3, C_0=17.1 \\ 0.333\ 4, C_0=17.8 \\ 0, \text{其它} \end{cases}$$

$$K = [[0.01, 0.08], \phi_2(K)]$$

$$\phi_2(K) = \begin{cases} 0.222\ 2, K=0.01 \\ 0.666\ 7, K=0.03 \\ 0.111\ 1, K=0.08 \\ 0, \text{其它} \end{cases}$$

$$q = [[1\ 600, 1\ 700], \phi_3(q)]$$

$$\phi_3(q) = \begin{cases} 0.444\ 4, q=1\ 600 \\ 0.555\ 6, q=1\ 700 \\ 0, \text{其它} \end{cases}$$

### 2.3 不确定信息条件下的水环境容量计算

由水库环境容量计算公式, 有

$$W = (C_s - C_0) V / \Delta T + KVC_s + (C_s - C_0) q,$$

即  $W = 1.8(C_s - C_0) + 5\ 400 K + 0.001(C_s - C_0)q$  (kg/d)

令  $A = 1.8(C_s - C_0)$ ,  $B = 5\ 400 K$ ,  $C = 0.001(C_s - C_0)q$ ,

则  $W = A + B + C$ , 于是水库水环境容量计算转化为未确知有理数  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的加法计算。首先, 根据未确知有理数的运算法则, 求得未确知有理数  $A$ 、 $B$ 、 $C$  (分别见表 1、表 2、表 3)。

表 1 A 的可能值及相应的可信度

| $x$    | 6.8     | 5.2     | 4       |
|--------|---------|---------|---------|
| $f(x)$ | 0.333 3 | 0.333 3 | 0.333 4 |

表 2 B 的可能值及相应的可信度

| $x$    | 54      | 162     | 432     |
|--------|---------|---------|---------|
| $g(y)$ | 0.222 2 | 0.666 7 | 0.111 1 |

表 3 C 的可能值及相应的可信度

| $z$       | 3.5     | 3.7     | 4.6     | 4.9     | 6.1     | 6.5     |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\phi(z)$ | 0.148 2 | 0.185 2 | 0.148 1 | 0.185 2 | 0.148 1 | 0.185 2 |

再对  $A$ 、 $B$ 、 $C$  进行加法运算,得到  $W$  的可能值矩阵,见表 4,可信度矩阵见表 5(限于篇幅,具体计算从略)。

表 4  $W$  的可能值矩阵

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 61.5  | 61.7  | 62.6  | 62.9  | 64.1  | 64.5  |
| 62.7  | 62.9  | 63.8  | 64.1  | 65.3  | 65.7  |
| 64.3  | 64.5  | 65.4  | 65.7  | 66.9  | 67.3  |
| 169.5 | 169.7 | 170.6 | 170.9 | 172.1 | 172.5 |
| 170.7 | 170.9 | 171.8 | 172.1 | 173.3 | 173.7 |
| 172.3 | 172.5 | 173.4 | 173.7 | 174.9 | 175.3 |
| 439.5 | 439.7 | 440.6 | 440.9 | 442.1 | 442.5 |
| 440.7 | 440.9 | 441.8 | 442.1 | 443.3 | 443.7 |
| 442.3 | 442.5 | 443.4 | 443.7 | 444.9 | 445.3 |

表 5  $W$  的可信度矩阵

|         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.011   |
| 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.011   |
| 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.013 7 | 0.011   | 0.011   |
| 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 |
| 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 |
| 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 | 0.032 9 | 0.041 2 |
| 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 |
| 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 |
| 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 | 0.005 5 | 0.006 9 |

表 4 中 54 个互异元素,即所研究的水库的水环境容量的各种可能取值。将这 54 个互异元素,按由小到大的顺序进行排列,由于可信度矩阵中的可能值和可能值矩阵(表 5)中的元素成——对应关系,因此可信度矩阵中的元素即为水库各相应水环境容量下的可信度。由于总可信度  $\sum \alpha_i = 1$ ,于是,水库水环境容量期望值  $E(W) = E(A+B+C)$  为一个实数,经计算得

$$E(W) = E(A+B+C) = \sum_{i=1}^{64} W_i \alpha_i = 178.5 \text{ kg/d}$$

即在给定的水环境系统信息下,水库水环境容量期望值为 178.5 kg/d,总可信度  $\sum \alpha_i = 1$ 。

## 2.4 确定信息条件下的水环境容量计算

在确定性信息条件下,即不考虑实际水体的水文、水质和水力等要素的时空变化,而假定这些要素为一定值,根据计算公式对下三坑水库的水环境容量进行计算。 $\text{COD}_m$  的污染物自然衰减系数  $K$  取 0.03/d, 污染物浓度值  $C_0$  的水质监测数据平均值为 17.1 mg/L,安全库容期间,从水库排泄出的水流量  $q$

为 1 780 m<sup>3</sup>/d,则

$$W = (C_s - C_0) V / \Delta T + K V C_s + (C_s - C_0) q \\ = 172.4 \text{ kg/d}$$

即在确定条件下,下三坑水库的水环境容量为 172.4 kg/d。

## 3 比较与讨论

(1)通过对以上两种方法的运用可以看出,用未确知数学计算不确定性信息下的水库水环境容量,所求得的水库水环境容量是基于水库的水文、水质、水力要素的实际变化,并在考虑了参量取值可信度的基础上进行的;而确定条件下的水库水环境容量的计算,没有考虑水质、水力要素的不确定性,丢失许多不确定性信息,不能很好地反映水体的客观实际情况。因此在未确知信息条件下显然较确定条件下所求得的结果更加合理。

(2)由水库水环境容量的计算公式,依据未确知有理数的运算法则和未确知数学的期望公式,不仅求得水库水环境容量的期望值,还可以获得相应的主观可信度,而在确定条件下所求得的水库水环境容量显然在这方面有一定的不足,它所反映的只是平均状况。

(3)本文以实例说明了未确知有理数是使用方便的未确知数,是实数的推广,克服了只用一个确定的实数来表达的遗漏和缺陷,在水体污染控制及水环境管理领域具有广泛的运用前景。运用未确知数学来计算不确定性信息下的水库水环境容量,理论上可行,计算结果可靠。

(4)作为一个开放的大系统,水环境系统中的流量、污染物浓度和污染物衰减系数等信息存在一定的不确定性,文中仅取较少的几组可能值,此时各可能值的可信度往往会小于 1。正是存在小于 1 的可能性,是未确知信息的特点,这也是未确知信息和模糊性、随机性在数学上的主要区别。

(5)由于水体环境系统的复杂性,如何将水体的环境容量计算中的未确知信息的数学处理进一步完善,尚需进一步研究。

## 4 参考文献

- [1] 朱党生,王超,程晓冰. 水资源保护规划理论及技术. 中国水利水电出版社,2001. 136~139
- [2] 王光远. 论未确知信息及数学处理. 哈尔滨建筑工程学院

(下转第 21 页)

## Study on the Kinetic Simulation of Waste Gases with Toluene

Li Zhangliang Xu Jing

**Abstract** In the process of biopurifying waste gases containing toluene in low concentrations with high airflow load in a biotrickling filter using light ceramic block as stuff, the kinetic model and simulation of the new Adsorption-Biofilm theory were investigated. Based on the experimental data, the results of contrast and validation indicated that there were good coincidences between calculated data and experimental data, which verified the accuracy of the kinetic model.

**Key words** biotrickling filter biodegradation toluene adsorption-biofilm theory kinetic model

(上接第 3 页)

- 学报, 1990, 23(4): 1~10
- [3] 刘开弟, 吴和琴, 王念鹏, 等. 未确知数学. 武汉: 华中理工大学出版社, 1997. 20~98
- [4] 刘开弟, 吴和琴, 庞彦军, 等. 不确定性信息数学处理及应用. 北京: 科学出版社, 1999. 43~159
- [5] 李如忠, 汪家权, 王超, 等. 不确定性信息下的河流纳污能力计算初探. 水科学进展, 2003, (4): 459~463

- [6] 李如忠, 汪家权, 王超, 等. 基于未确知信息的河流纳污能力计算初探. 河海大学学报, 2003, (4): 386~388
- [7] 袁弘任. 水资源保护管理基础. 北京: 中国水利水电出版社, 1996
- [8] 王国平. 水质监测中未确知信息的数学处理. 中国环境监测, 2001, (6): 44~47

## A Mathematic Treatment of Unascertained Information in the Calculation of Reservoir Environmental Capacity

Zhu Xiaojuan Huang Ping

**Abstract** Because of the unascertained information in the reservoir water environmental system, a calculation is made on the water environmental capacity by the use of unascertained mathematics theory. Based on the calculation formula of reservoir water environmental capacity and the rules of four fundamental operations of unascertained rational numbers we can obtain not only the reservoir environmental capacity but also its corresponding confidence level. The case study shows that unascertained mathematics theory has a wider application prospect in water quality managing and environmental protection fields.

**Key words** water environmental capacity unascertained information unascertained rational number confidence level unascertained expected value

## 废干电池资源回收技术取得新突破

2004 年 4 月 12 日, 广州市科技局组织并主持了由广州市环境保护科学研究所承担的科技攻关项目《废干电池无害化与资源化技术研究》成果鉴定会。该项目以占国内市场 96% 以上的锌锰干电池和碱锰干电池为对象, 以取得市场价值最高又适销的产品—电解锌和电解二氧化锰为目标, 采用热解—酸溶—同槽电解组合工艺, 经过 2 年试验, 取得了锌锰回收率 97%、阴极和阳极电流效率分别大于 86% 和 91% 的

成套废干电池资源再生工艺技术成果。与会专家一致认为, 经过一年半试验, 该研究工艺路线合理、试验方法正确、数据充分、结论可信, 其中的废干电池热解过程物相变化规律、硫酸锌锰溶液溶剂萃取脱氯和提高阴极电流效率的研究有独创性, 总体达到国内领先水平, 同意通过科技成果鉴定, 并建议尽快投入中试。

(李穗中)

## 大坦沙污水处理厂中水回用试验研究

伍志跃

(广州市大坦沙污水处理厂, 广州 510163)

**摘 要** 广州虽拥有丰富的水资源,但仍属于水质型缺水城市。在目前大力治理珠江,恢复珠江水环境生态的同时,有必要根据实际情况和可行的条件开展城市污水回用的探索。文章以大坦沙污水处理厂二级出水为中水水源,进行过滤、消毒的试验研究。

**关键词** 中水回用 过滤 消毒 大坦沙污水处理厂

大坦沙污水处理厂现处理规模为 33 万 t/d,采用成熟的除磷脱氮活性污泥法(简称 A<sup>2</sup>O)工艺,二沉出水水质好,为中水回用创造了良好的条件。在 2002 年以前,大坦沙污水处理厂的生产用水(主要指机械清洗水)和绿化等杂用水均采用清洁的自来水,对饮用水资源是一种高质低用的浪费,也增大了污水运行的处理费用。据此,我们以中水回用为目的,进行了过滤和消毒的试验研究。

### 1 试验方案设计

#### 1.1 回用水水质标准

由于大坦沙污水处理厂的二沉出水的水质已经达到甚至优于国家城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918-2002),在工艺上只需进行深度处理即可达到回用的要求,所以选择本厂的二沉出水作为回用水水源(见表 1)。

根据目前可行的国家标准,考虑到本厂回用水初步的用途是主要是带式脱水机滤布清洗和厂内绿化,根据“治理费用最小,环境及社会效益最大”的原则,确定以《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB/T 18920-2002)为回用水的出水标准(见表 1)。

#### 1.2 工艺的确定

由于本厂的二沉出水大部分常规项目已经优于选定的回用水水质标准,无需深化处理,故试验的目的主要考虑悬浮物和微生物的去除。

##### 1.2.1 过滤

表 1 回用水进水水质与标准的对比

| 项 目                                  | 二沉出水<br>(2001)        | 城镇污水处<br>理厂污染物<br>排放标准<br>(GB 18918<br>-2002) | 城市杂用水<br>水质标准<br>(绿化、清洗)<br>(GB/T 189<br>20-200) |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| pH                                   | 7.39                  | 6.0-9.0                                       | 6.0-9.0                                          |
| 色度 / 度                               | 17.5                  | ≤30                                           | ≤30                                              |
| 嗅                                    | 无不快感                  |                                               | 无不快感                                             |
| 悬浮物 /mg·L <sup>-1</sup>              | 10.74                 | ≤20                                           | ≤10                                              |
| 溶解性固体 /mg·L <sup>-1</sup>            | 388                   |                                               | ≤1000                                            |
| BOD <sub>5</sub> /mg·L <sup>-1</sup> | 6.30                  | ≤20                                           | ≤10                                              |
| 氨氮 /mg·L <sup>-1</sup>               | 3.62                  | ≤8                                            | ≤10                                              |
| 阴离子表面活性剂 /mg·L <sup>-1</sup>         | <0.5                  | ≤1                                            | ≤0.5                                             |
| 铁 /mg·L <sup>-1</sup>                | 0.17                  |                                               | ≤0.3                                             |
| 锰 /mg·L <sup>-1</sup>                | 0.03                  | ≤2.0                                          | ≤0.1                                             |
| 溶解氧 /mg·L <sup>-1</sup>              | >1.0                  |                                               | ≥1.0                                             |
| 总余氯 /mg·L <sup>-1</sup>              | —                     |                                               | ≥1.0                                             |
| 总大肠杆菌 /个·L <sup>-1</sup>             | 1.5 × 10 <sup>6</sup> |                                               | ≤3                                               |

过滤技术日新月异,从 20 世纪 80 年代初的简单沉砂过滤发展到现在的氣浮、高速澄清、氣水反冲滤池,采用 DA 滤料或纤维球滤料的高速过滤,压力过滤、微孔过滤等方式。由于本次回用水水量较少(约 1 500 m<sup>3</sup>/d),考虑到“投资省,占地小”的原则,所以试验仅以一体化的纤维球滤罐,以及进口的自动反冲洗高精度网滤机作为对比试验。

##### (1) 纤维球过滤罐

由化学纤维制成的滤料比普通刚性滤料具有大得多的空隙度(占滤料层体积的 93%~95%),而且具有可压缩性。在过滤时,滤料受到自上而下的水流

压力而被压缩,使空隙变小,越往下部压缩程度越大,从而造成整个滤层的空隙沿水流方向由大变小,符合理想滤料的情形;当反冲洗时,作用于纤维球上的压力释放,在气和水由下而上的作用下松散并膨胀,达到清洗的目的。所以具有纳污容量大、工作周期长、滤速高、反冲洗彻底等优点。

### (2) 自动反冲洗精细网滤机

选用以色列生产的活塞型的自动反冲洗网滤机(100 m<sup>3</sup>/h),这是一种微孔过滤机械,过滤介质是不锈钢滤网。工作原理是:积聚污染物形成压差后,通过反冲洗控制阀进行吸取污染物并排走。反冲洗时间决定于污染物堵塞程度。

### 1.2.2 消毒

本次消毒试验主要采用液氯、臭氧、二氧化氯、紫外线、有机氯等方法进行对比研究。

## 2 材料与设备

### 2.1 过滤设备

(1) 纤维球过滤罐 QLQ-1600(江苏江都环保厂)

参数:水头损失 3~10m、气冲洗强度 3m<sup>3</sup>/(min·m<sup>2</sup>)、水冲洗强度 0.6 m<sup>3</sup>/(min·m<sup>2</sup>)、冲洗周期 2 d、反冲洗时间 30 min

(2) 自动反冲洗精细网滤机 MLP104(以色列 FILMAT)

### 2.2 消毒试剂

(1) 液氯

(2) 二氧化氯 ZLY-100A(三星五洲化工有限公司)

(3) 有机氯(三氯异氰尿酸钠速溶片)GOSDSS-90(天河祥盛洗涤用品厂)

### 2.3 消毒设备

(1) 紫外线消毒器 S-6(87 μw·S/cm<sup>2</sup>)(中山力达机电厂)

(2) 臭氧发生器 PHV-203(O<sub>3</sub>产率=2g/h、30℃溶解度=0.4 mg/L)(东莞讯通实业公司)

### 2.4 分析方法

依照《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB/T 18920-2002)的规定。

## 3 结果与讨论

### 3.1 过滤效果分析

#### 3.1.1 自动反冲洗精细网滤机过滤试验的分析

表 2 不同孔径的滤网拦截能力和反冲洗时间

| 孔径 /μm                     | 50   | 40   | 30   | 25   |
|----------------------------|------|------|------|------|
| 过滤前悬浮物 /mg·L <sup>-1</sup> | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.7 |
| 过滤后悬浮物 /mg·L <sup>-1</sup> | 12.7 | 7.7  | 6.9  | 4.4  |
| 反冲洗时间间隔 /h                 | 4.3  | 2.7  | <1   | <1   |
| 去除率 /%                     | 19.1 | 51   | 56.2 | 71   |

表 2 表明,40 μm 孔径以下的去除率明显升高,出水悬浮物也达标。进一步分析表明,当过滤前水质的悬浮物主要是一些粒径较大、硬的物质时,如纤维、藻类、沙粒等,去除率较高;当过滤水质为一些粒径较小,软的物质时,如污泥、菌胶团时,去除率较低。从反冲洗的时间来看,反冲频率过高对机器的寿命和性能影响很大。40 μm 孔径以上的滤网能使机器的反冲洗时间稳定在 2 h 以上。

#### 3.1.2 纤维球过滤罐的过滤效果分析(见表 3)

表 3 纤维球滤罐的过滤效果

|                         | SS  |    |     | COD <sub>Cr</sub> |    |    | BOD <sub>5</sub> |    |    |
|-------------------------|-----|----|-----|-------------------|----|----|------------------|----|----|
| 过滤前 /mg·L <sup>-1</sup> | 30  | 20 | 15  | 40                | 30 | 25 | 20               | 10 | 8  |
| 过滤后 /mg·L <sup>-1</sup> | 2.5 | 2  | 1.5 | 30                | 21 | 18 | 15               | 7  | 6  |
| 去除率 /%                  | 91  | 90 | 90  | 25                | 30 | 28 | 25               | 30 | 25 |

#### 3.1.3 纤维球过滤与自动反冲洗精细网滤机的过滤效果比较

表 4 两种过滤器对 SS 过滤效果比较 mg/L

| 过滤前水质     | 24  | 24  | 41  |
|-----------|-----|-----|-----|
| 纤维球过滤罐过滤后 | <5  | <10 | <10 |
| 精细滤网机过滤后  | 7.7 | 9   | 30  |

从表 4 可以看出,纤维球过滤罐的适应范围比较广泛,而精细网滤机对水质中悬浮物偏高时,过滤水质明显不如前者,悬浮物已经超过回用水水质标准。

### 3.2 消毒分析

#### 3.2.1 液氯的消毒效果分析

(1) 液氯消毒效果。

采用液氯投加机直接投加,经接触消毒池 30 min 的接触杀菌的清毒效果(见表 5)。

(2) 含氨水质对投氯量的影响(见表 6)

据资料介绍,当加氯量与水中氨氮的重量比小于

表 5 液氯的消毒效果

|       | 细菌总数<br>个/mL       | 大肠杆菌数<br>个/L      | 液氯浓度<br>mg/L | 余氯<br>mg/L | pH  |
|-------|--------------------|-------------------|--------------|------------|-----|
| 消毒前   | $1.77 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^7$ | 4.8          |            |     |
| 消毒后   | 267                | 0                 |              | 1.62       | 7.5 |
| 杀菌率/% | 98.5               | 100               |              |            |     |

表 6 含氨水质对投氯量的影响

| 投氯量<br>mg/L | 原细菌总数<br>个/mL     | 杀菌率<br>% | 余氯<br>mg/L | 投氯与<br>氨氮比 |
|-------------|-------------------|----------|------------|------------|
| 3.69        | $1.9 \times 10^4$ | 98.9     | 1.39       | 0.44       |
| 4.44        | $9.0 \times 10^3$ | 99.6     | 2.08       | 0.55       |
| 6.28        | $2.5 \times 10^4$ | 99.5     | 1.39       | 0.83       |

5:1 时,如果没有其它耗氯物质的影响,则加入水中氯以一氯氨和二氯氨的形式出现,加氯量与余留量是大致一样的,即有效氯比较高。当水中加氯量与氨氮的重量比大于 5:1 时,致使加氯量随着比值的增加而大量产生氮气,使余氯量逐渐减少,当比值增加到 7.6 时,这时加氯量消耗最大,称为氯化中折点<sup>[4]</sup>。

由于污水处理厂二级处理后出水(中水原水)氨氮含量仍然较高(0~8 mg/L),所以一般不易出现耗氯过多的情况。

3.2.2 二氧化氯消毒效果

本项目使用的是稳定的二氧化氯消毒剂,在活化剂充分活化后,采用直接定量投加,投药量为 500 mg/L,经接触 30 min 的接触杀菌,得出以下水质分析结果(见表 7)。

表 7 二氧化氯的消毒效果

|       | 细菌总数<br>个/mL      | 大肠杆菌总数<br>个/L     |
|-------|-------------------|-------------------|
| 消毒前   | $2.0 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^7$ |
| 消毒后   | <100              | <3                |
| 杀菌率/% | >99.9             | >99.99            |

3.2.3 有机氯片消毒效果

本次有机氯片消毒试验,采用定量投加,浓度为 3 mg/L,接触时间 30 min。分析结果如下(见表 8):

从表 8 可知,有机氯能够在较短时间内、较低浓度下达到高效杀菌目的,大肠杆菌符合中水回用的生活杂用水质标准。而且,从浊度分析看,加有机氯片后的水质浊度并没有上升,维持在低于 10 度的回用水质标准。

表 8 有机氯的消毒效果

|       | 细菌总数<br>个/mL      | 大肠杆菌总数<br>个/L     | 浊度<br>度 | 余氯<br>mg/L |
|-------|-------------------|-------------------|---------|------------|
| 消毒前   | $1.2 \times 10^4$ | $1.7 \times 10^6$ | 2~3     |            |
| 消毒后   | <100              | <3                | 2~3     | 1          |
| 杀菌率/% | >99.9             | >99.99            |         |            |

3.2.4 臭氧的消毒效果

理论上,臭氧去除水中有危害的有机物比氯的作用强,而且可以彻底氧化绝大部分有机物,但消耗量很大, $O_3:TOC=15:1$  以上<sup>[4]</sup>。臭氧的杀菌能力是在投加量超过某一数量后才显现,这是因为投加的臭氧消耗于氧化还原物质和有机物,在满足氧化用量后才用于杀菌。鉴于污水处理厂的出水中含有一定的有机物,所以对臭氧的消耗是非常大的。

表 9 臭氧消毒的效果

|       | 细菌总数<br>个/mL      | 大肠杆菌总数<br>个/L      |
|-------|-------------------|--------------------|
| 消毒前   | $4.8 \times 10^4$ | $8.6 \times 10^6$  |
| 消毒后   | $3.8 \times 10^4$ | $4.75 \times 10^6$ |
| 杀菌率/% | 20.8              | 45                 |

表 9 是处理水的流量为 325 mL/min,臭氧的溶解浓度为 0.4 mg/L 时的消毒效果。

3.2.5 紫外线的消毒效果

试验使用紫外发生器发射波长为 253.7 nm,杀菌力度最强<sup>[4]</sup>。处理水的流量 150 mL/min、接触时间 30 s。从表 10 看出,由于污水厂的中水原水水质较清,所以对于实时的杀菌效果表现较好,对于大肠杆菌基本上能控制在小于 3 个/L 的回用水水质要求之下,细菌总数也能达到小于 100 个/mL 的出水水质。

表 10 紫外线消毒的效果

|         | 细菌总数<br>个/mL      | 大肠杆菌总数<br>个/L     |
|---------|-------------------|-------------------|
| 消毒前     | $4.8 \times 10^4$ | $8.6 \times 10^6$ |
| 消毒后     | <100              | 未检出               |
| 处理后 3 h | 201               | 945               |

但消毒 3 h 后测定的数据表明,细菌总数和大肠杆菌有明显的回升,这是由于部分未完全彻底“死亡”的菌类,经过一段时间的间隔或管网的长距离运输后,产生“复活”的现象。

## 4 费用分析

### 4.1 投资费估算(以 2 000 t/d 计算)

(1) 过滤部分:纤维球过滤器 25 万元;精细滤网过滤机 10 万元。

(2) 消毒部分:液氯 70 万元;二氧化氯 40 万元;有机氯 25 万元;紫外灯 250 万元;臭氧 280 万元。

### 4.2 运行费

计算公式

$$T = \frac{\sum E}{\sum Q} \quad (\text{元}/\text{t})$$

其中: $\sum E$ :日经常费用合计, $\sum E$ =电费+药剂费+工资福利+设备基建损耗费+小修维护费+其它费用(元/d); $\sum Q$ 为流量(t/d)。

各种回用水工艺方法的运行费用估算见表 11。

表 11 各种回用水工艺方法的运行费用估算

| 回用水工艺方式               | 运行费用<br>元/t |
|-----------------------|-------------|
| 液氯消毒                  | 0.72        |
| 二氧化氯消毒                | 4.97        |
| 自动反冲洗网滤机+纤维球过滤罐+有机氯消毒 | 0.70        |
| 紫外线消毒                 | 1.55        |
| 臭氧                    | 8.10        |

## 5 结论

(1) 在过滤方面,自动反冲洗精细网滤机在实际应用的简便性、维护维修的简易性以及自动化的程度都显示出良好的优势,而且基建设备安装和日后运行、维护维修的费用也比纤维球过滤罐好。但是在有机物的去除上,纤维球过滤罐能体现出很好的效果,特别是对于二沉出水 BOD 的含量比较高的时候更实用。所以我们选用自动反冲洗精细网滤机与纤维球过滤罐串连的方式。

(2) 在消毒方面,有机氯片剂更具有可靠性、稳定持久性,而且,储存、运输,使用更方便和安全;从经济上看,其投资费用和运行费用也较合理。虽然氯化物有产生致毒、致癌的副产品的通病,但由于氯首先与氨氮形成毒性较小的氯胺,且接触时间不长,因此副产物并不高<sup>[9]</sup>。以此选用有机氯消毒片剂作为本回用水系统杀菌的消毒剂。

(3) 工艺流程为:

二沉出水(中水原水)→自动反冲洗滤网机→纤维球过滤器→有机氯消毒→中水出水

其中参数为:

反冲洗滤网过滤机:滤网孔径 40  $\mu\text{m}$ ,过流量 100  $\text{m}^3/\text{h}$ ,反冲洗间隔>2 h,反冲洗时间 15~30 s。

纤维球过滤器:过流量 60  $\text{m}^3/\text{h}$ ,反冲洗间隔约 2 d,反冲洗时间 30 min。

有机氯消毒:投药量 3  $\text{mg}/\text{L}$ ,接触反应时间 30 min。

(4) 使用效果

自 2002 年以来,厂内四台带式脱水机一直使用本试验推荐的回用水,效果很好,没有出现过喷嘴堵塞等现象;在其它方面,如绿化,喷泉等方面也有过较佳的尝试和应用。

## 6 参考文献

- [1] John E Woolschager, Bruce E Rittmann. Developing an effective strategy to control nitrifier growth using the comprehensive disinfection and water quality model. World water & environmental resources congress, 2001, (5):20~24
- [2] 张晓光. 臭氧氧化技术在水处理中应用. 净水技术, 1996, 4:15~17
- [3] Jolis D, hirano R, Pitt P, et al. Treatment Using Microfiltration And UV Disinfection For Water Reclamation. Water Environment Research, 1999, 71(2):224~231
- [4] 王荣生, 黄翔峰, 谢浩, 等. 城市污水厂尾水消毒及其余氯控制技术. 广州环境科学, 2003, 18(4):8~9
- [5] 王丽花, 周鸿, 张晓建, 等. 常规工艺对消毒副产物及前体物的去除. 给水排水, 2001, 27(4):35~37

## Study on Wastewater Reuse in City Sewage Treatment Plant

Wu Zhijian

**Abstract** Guangzhou has affluent water resource, but it belongs to the cities of bad water quality. At present, the government is applying to renovate the water of the Zhujiang River and resume the environment of the water resource. And it's important to progress the work of city sewage reuse. This text mentions the research of wastewater reuse in city sewage treatment plant.

**Key words** reuse of sewage filtration disinfection

## MBR在医疗污水处理中的工程实例分析

满运华

(广东省环境监察总队, 广州 510180)

**摘 要** 膜生物反应器(MBR)作为一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术,具有其独特的特点,对于处理医疗废水有很多的优势。文章对 MBR 在医疗废水中的应用实例进行了工程与经济技术分析。

**关键词** 膜生物反应器 医疗废水 工程分析

我国大部分医院没有污水处理系统,大部分医疗废水没有处理就直接排放于自然水体或市政管网,很容易造成细菌、病毒的扩散。膜生物反应器(MBR)是一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术,用膜组件代替了传统活性污泥工艺中的二沉池,可进行高效的固液分离,克服了传统工艺中出水水质不够稳定、污泥容易膨胀等不足。具有过程密闭、杜绝二次污染、水处理效率高、出水水质优异、保障消毒效果、自动化程度高、占地少等特点。

### 1 MBR 在我国的应用现状

随着 MBR 技术在我国逐步成熟,该系统的处理对象从生活污水扩展到高浓度有机废水和难降解工业废水,如制药废水、化工废水、食品废水、屠宰废水、烟草废水、粪便污水等。近两年来,膜生物反应器在国内已进入了逐渐成熟的阶段。

MBR 在我国的应用实例表明:它对生活污水、高浓度有机废水与难降解工业废水的处理效果良好。对 MBR 的深入研究表明,将污水生物处理技术与膜分离技术相结合,可以首先利用生化技术降解水中的有机物,消除细菌、支原体、衣原体和病毒,然后利用膜技术过滤悬浮物和水溶性大分子物质,降低水浊度,达到排放标准。膜生物反应器的这些技术特点使得它在医疗废水的处理领域具有很大的潜力。

### 2 工程实例与分析

#### 2.1 基础资料

本工程环保总投资为 58.85 万元,占地 90.0 m<sup>2</sup>,

主要处理门诊大楼所排出的医疗废水。门诊大楼污水排放量为 200 m<sup>3</sup>/d。经过 1 个月内 4 次的抽查检测,该门诊的排水和化粪池出水的混合水质的月平均值见表 1。

表 1 处理前污水水质

| 水质指标  | pH  | COD <sub>cr</sub><br>mg/L | BOD <sub>5</sub><br>mg/L | SS<br>mg/L | 粪大肠<br>菌群数<br>个/L |
|-------|-----|---------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| 第一次测量 | 7.5 | 260                       | 152                      | 78         | $2.5 \times 10^3$ |
| 第二次测量 | 6.6 | 296                       | 190                      | 140        | $4.2 \times 10^3$ |
| 第三次测量 | 7.8 | 230                       | 148                      | 57         | $1.0 \times 10^3$ |
| 第四次测量 | 6.9 | 240                       | 148                      | 62         | $1.1 \times 10^3$ |
| 均值    | 7.0 | 256                       | 159                      | 84         | $2.0 \times 10^3$ |

污水处理后要求达到广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26-2001)第二时段一级标准(见表 2)。

表 2 《水污染物排放限值》第二时段一级标准

| 水质指标 | pH  | COD <sub>cr</sub><br>mg/L | BOD <sub>5</sub><br>mg/L | SS<br>mg/L | 粪大肠<br>菌群数<br>个/L |
|------|-----|---------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| 排放限值 | 6~9 | ≤90                       | ≤20                      | ≤60        | ≤500              |

#### 2.2 工艺流程

本医院污水处理工程采用先进的膜生物反应器(MBR)工艺,每天连续运行 24h,其工艺流程如图 1。

医疗污水先经格栅隔除大颗粒的飘浮物及杂物,进入调节沉淀池,在调节沉淀池中,大部分悬浮物被沉淀下来,沉积在池内的泥斗中,由设在操作间

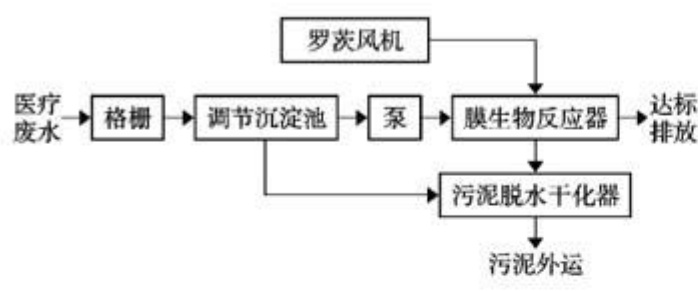


图 1 MBR 处理医院污水工艺流程

内的污泥提升泵至污泥脱水干化器与膜生物反应器产生的污泥一起脱水处理。

调节沉淀池内设潜水式污水泵，污水泵由集水池内的液位控制器根据池内的液位来控制，保证污水处理系统的连续运行。污水经沉淀及水质水量调节后，由潜水泵泵至膜生物反应器，污水中的有机物经过生物反应器内微生物的降解作用，使水质得到净化，膜生物反应器所需的氧气由罗茨风机提供。而膜的作用主要是将活性污泥与大分子有机物及细菌等截留于反应器内，使出水水质达到外排要求，同时保持反应器内有较高的污泥浓度，加速生化反应的进行，最后由膜生物反应器出来的水可达标直接排放。沉淀下来的污泥由污泥泵提升至污泥脱水干化器，最后污泥外运。

## 2.3 主要构筑物及设备

### 2.3.1 格栅井

医疗污水与化粪池出水汇集到进水砂井后，自流入格栅井，井内设两道手动格栅，第一道格栅的间隙为 10 mm，第二道格栅的间隙为 5 mm，截留水中悬浮物，减少后续处理负担及避免影响泵的正常运行。

### 2.3.2 调节沉淀池

调节沉淀池的作用有均衡水量水质以及去除各种悬浮物等作用，减少后续处理的负担，保证系统连续稳定地运行。

停留时间：HRT=14 h

外形尺寸：7 800 mm × 3 600 mm × 4 150 mm

### 2.3.3 膜生物反应器

膜生物反应器由生物反应器与膜组件两部分构成，主要有池体、膜组件、鼓风曝气系统、泵及管道阀门仪表等。

停留时间：HRT=5 h

设计净空尺寸：6 000 mm × 2 000 mm × 3 500 mm

膜组件是本套系统的核心部件，出水水质的好

坏及处理成本与其有直接的关系，由专业生产厂商提供，根据不同的水质要求，一般选择的膜组件也不相同，本工程选择有机膜，膜的孔径在 1.3 μm，膜通量为 12 L/(m<sup>2</sup>·h)。鼓风曝气系统采用罗茨风机 + 微孔膜曝气器系统，管道上设有调节阀来调整膜组件的曝气强度，以减轻膜污染。

### 2.3.4 设备及材料

#### (1) 污水提升泵(调节沉淀池)

型号：WQ10-8-0.75

规格：Q=10 m<sup>3</sup>/h，H=8 m，N=0.75 kW

数量：2 台(1 用 1 备)

#### (2) 污水泵

型号：WQ10-10-1

规格：Q=10 m<sup>3</sup>/h，H=10 m，N=1 kW

数量：2 台(1 用 1 备)

#### (3) 污泥泵

型号：G30VW-102

数量：2 台(1 用 1 备)，N=1 kW

#### (4) 罗茨风机

型号：JTS-50

规格：Qs=1.9 m<sup>3</sup>/min，P=44.1 kPa，N=3 kW

数量：2 台(1 用 1 备)

#### (5) 曝气软管

软管材质由聚氯乙烯和橡胶合成，内衬化学纤维线

长度：38 m

## 2.4 MBR 工艺处理医疗废水的优势

### 2.4.1 MBR 对医疗废水中病源性微生物去除的试验分析

Berthold Gunder 等利用膜分离(管式膜、板式膜、中空纤维膜组件)取代二沉池处理生活污水中试研究，对出水微生物进行了检测，结果如表 3<sup>[4]</sup>。

表 3 MBR 工艺出水致病病菌

| 总大肠菌群<br>个/100 mL | 沙门氏菌<br>个/1 000 mL | 大肠杆菌数<br>个/100 mL | 粪链球菌<br>个/100 mL |
|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| <30               | 未检出                | <30               | 0                |

从大部分膜(约 0.4 μm)的孔径来看，膜孔径要远远大于病毒的平均粒径(200 nm)，因此，在主体料液中没有悬浮固体条件下，膜本身对病毒没有截留效果是可以理解的，但在活性污泥的过滤中对

表 4 MBR对细菌和病毒的去除效果

| 项 目 |       | 病 毒<br>个 /mL                                                    | 大肠杆菌数<br>个 /mL                                                  | 链球菌<br>个 /mL                                                    |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 浓 度 | 进 水   | $1.7 \times 10^3$<br>( $1.5 \times 10^3 \sim 1.9 \times 10^3$ ) | $1.1 \times 10^3$<br>( $8.8 \times 10^2 \sim 1.2 \times 10^3$ ) | $1.7 \times 10^3$<br>( $5.2 \times 10^2 \sim 7.0 \times 10^3$ ) |
|     | 主体溶液  | $5.2 \times 10$<br>( $5.0 \times 10 \sim 5.4 \times 10$ )       | $3.3 \times 10^4$<br>( $4.0 \times 10^3 \sim 4.8 \times 10^4$ ) | $1.7 \times 10^3$<br>( $1.0 \times 10^3 \sim 4.5 \times 10^4$ ) |
| 去除率 | 滤 出 液 | 8.8(7.5~9)                                                      | 1.0(0~3.0)                                                      | 0                                                               |
|     | 总去除率  | 2.28 log                                                        | 6.86 log                                                        | >5.83 log                                                       |

病毒却体现出相当程度的去除,因此可以得出结论,在 MBR 对污水过滤过程中,在膜面形成了生物膜沉积层,使孔径变小,从而实现对病毒的去除。这种去除机理包括:由于膜实际有效孔径的减小的物理作用、由于沉积层对病毒吸附的化学作用以及沉积层中其他微生物对病毒吞噬的生物作用。

根据对 MBR 除菌的总结经验数据,总结出 MBR对病菌和病毒的去除效果见表 4。

从表 4 可知,MBR 对病毒的总去除率可达到 2.3 log(log:以 10 为底的对数,用以表示对细菌去除的数量级),对细菌和病毒的去除率表现了极好的去除能力,其出水无需消毒即可达到相关的卫生标准,可见其在医疗废水中的应用有着广阔的前景<sup>[2]</sup>。

2.4.2 处理效果

该污水处理工程自 2002 年初投入运行以来十分稳定、处理效果良好。经过对该出水水质 6 个月的测量,BOD<sub>5</sub>、COD、SS 的总去除效率 6 个月的平均值分别为 97.3%、92.8%、99.3%,其出水的总平均值分别为 4、18、1 mg/L,而检测细菌和病毒的主要指标大肠杆菌数也非常低,总均值只有 22 个 /L,远远优于要求的出水水质标准(见表 5)。

2.4.3 MBR 工艺与医疗废水常用处理工艺的分析对比

以上分析可知 MBR 处理医疗废水的效果是相当好的,特别是针对病源性微生物和病毒。而且,针对处理医疗废水所需的综合条件,它也有着其独特的优点。

由于医疗废水是属于高危险性的废水,其污水处理系统必须具备以下条件:

- (1)首先要求处理方法能有效地杀死或截留细菌和病毒。
- (2)必须保证医疗废水在未处理好之前不得外泄,并且要求不造成二次污染。

表 5 2002年 1~6 月份污水处理监测结果

| 月份 | 指标               | 监 测 日 期 |      |      |      |      |      |
|----|------------------|---------|------|------|------|------|------|
|    |                  | 1       | 6    | 12   | 18   | 24   | 月均值  |
| 1月 | BOD <sub>5</sub> | 5.0     | 6.9  | 4.8  | 3.9  | 1.4  | 4.4  |
|    | COD              | 20.2    | 25.7 | 23.9 | 22.1 | 12.1 | 20.8 |
|    | SS               | 1.1     | 3.2  | 1.9  | 0.2  | 1.8  | 1.6  |
|    | 粪大肠菌群数           | 22      | 40   | 20   | 20   | 17   | 23.8 |
| 2月 | BOD <sub>5</sub> | 5.2     | 5.1  | 3.8  | 4.0  | 2.8  | 4.2  |
|    | COD              | 23.7    | 25.1 | 19.3 | 19.7 | 12.2 | 20.0 |
|    | SS               | 1.2     | 1.7  | 2.8  | 2.3  | 0.6  | 1.7  |
|    | 粪大肠菌群数           | 21      | 24   | 35   | 30   | 22   | 26.4 |
| 3月 | BOD <sub>5</sub> | 5.3     | 4.2  | 4.9  | 5.7  | 4.5  | 4.9  |
|    | COD              | 16.2    | 18.3 | 20.1 | 11.5 | 19.6 | 17.1 |
|    | SS               | 1.5     | 3.0  | 3.2  | 1.5  | 1.1  | 2.1  |
|    | 粪大肠菌群数           | 30      | 25   | 16   | 20   | 22   | 22.6 |
| 4月 | BOD <sub>5</sub> | 3.2     | 4.1  | 4.0  | 3.8  | 1.9  | 3.4  |
|    | COD              | 18.2    | 18.3 | 16.7 | 15.8 | 11.9 | 16.2 |
|    | SS               | 1.0     | 0.0  | 2.1  | 0.8  | 0.4  | 0.9  |
|    | 粪大肠菌群数           | 20      | 25   | 22   | 25   | 17   | 21.8 |
| 5月 | BOD <sub>5</sub> | 4.6     | 2.9  | 3.1  | 1.8  | 3.2  | 3.1  |
|    | COD              | 15.8    | 14.6 | 20.3 | 17.5 | 12.2 | 16.1 |
|    | SS               | 0.6     | 0.7  | 2.1  | 0.1  | 0.0  | 0.7  |
|    | 粪大肠菌群数           | 20      | 21   | 20   | 19   | 17   | 19.4 |
| 6月 | BOD <sub>5</sub> | 3.3     | 4.2  | 3.7  | 3.8  | 5.0  | 4.0  |
|    | COD              | 16.9    | 20.1 | 17.6 | 20.1 | 16.2 | 18.2 |
|    | SS               | 0.7     | 0.6  | 0.0  | 0.2  | 0.3  | 0.4  |
|    | 粪大肠菌群数           | 15      | 17   | 20   | 18   | 19   | 17.8 |

注:表中 BOD<sub>5</sub>、COD、SS 单位为 mg/L,粪大肠菌群数单位为个/L。

- (3)对污水处理系统的自动化程度要求较高,必须易于管理和操作。
- (4)医院大都位于人口密集、地价较高的地段,处理系统的占地不能太大,且处理后的污泥量不宜太大。

MBR主要具有如下几个特点:

(1)滤膜出水水质优异,由于滤膜同时起生物载体和截污的作用,故水处理效率高,悬浮物非常低,作为检验细菌和病毒数量的大肠杆菌数也很低。它是唯一的对污水进行生物处理后出水无须消毒的工艺,出水可达一级标准,直接回用于非饮用水。

(2)MBR 维持了较低的 F/M 比(污泥负荷),减少了剩余污泥的产量,甚至不排剩余污泥。

(3)MBR 实现了水力停留时间(HRT)和污泥停留时间(SRT)的彻底分离,消除了传统活性污泥工艺中的污泥膨胀问题。

(4)减少了二沉池,结构紧凑,整套装置占地省,仅为传统方法的四分之一,非常适用于人多地少的大城市,且基建投资少。

(5)过程密闭,杜绝二次污染。

(6)自动化程度高,更有利于对高危险性废水治理的管理和控制。

由以上特点可知,MBR 工艺对医疗废水的处理是十分适用的,其针对性非常强,因此它在医疗废水处理中的优势也是显而易见。

由于对医疗废水的病毒处理有特殊要求,污水

处理中对其消毒效果有比较严格的要求。对于消毒工艺的应用,常用的工艺对比<sup>[9]</sup>见表 6。

### 2.5 效益分析

该污水处理设施的建成并投入运行不仅减少了污水排放量,而且使每年的污染物排放量明显减少,这对于医疗废水这种特殊的水污染源治理有着非常特殊的意义。污水处理设施的直接运营支出费用约为 4 269 元/月:

- (1)占地面积: 90.0 m<sup>2</sup>(含鼓风机房)。
- (2)设备负荷: 总装机容量为 11.5 kW。
- (3)处理费用主要包括人工费、动力费、运输费:
  - ① 设兼职管理人员一名,人工费为 33.3 元/d;
  - ② 按 0.75 元/(kW·h)计,则电耗为 87 元/d;
  - ③ 运输费 22 元/d。

由此可知,处理费用为 0.712 元/m<sup>3</sup>。若用平常的加氯消毒的工艺,不仅运行费用较高,还会在处理过程中生成多种有机氯化物,造成氯的二次污染。此外,污水处理达标后可免交超标排污费,又节约了一笔开支。综上所述,污水处理设施的建设和运行对于医疗废水的治理,不仅具有非常大的环境和社会效益,还有一定的经济效益。

表 6 消毒工艺对比

| 工艺类型   | 优 点                                                                                                            | 缺 点                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 次氯酸钠消毒 | 成本低、使用安全;灭菌效果好、具有余氯效应;更适宜对安全使用要求高的地区。                                                                          | 产生二次污染,与水中有机物形成致癌物;受 pH 值影响大;杀菌速度慢,对医疗废水中病毒的杀灭效果不明显;不易保存,易分解。              |
| 液氯消毒   | 运输方便、易于储存;综合成本低;操作简单。                                                                                          | 产生二次污染,与水中有机物形成致癌物;不易储存,易泄漏,危险性大;杀菌速度一般,对医疗废水中病毒的杀灭效果不明显。                  |
| 臭氧消毒   | 杀菌力能力强、作用快;受污水 pH 值和水温影响较小;增加水中溶解氧,改善水质;无二次污染,高洁净性。                                                            | 消毒设备投资及运行费用高,占地较多;臭氧发生设备及投配装置复杂,需较高管理水平;对水质要求较高,否则耗量大,不经济;半衰期短,只能就地生产就地使用。 |
| 二氧化氯消毒 | 杀菌效果好;不形成有机卤代物,不产生二次污染;杀菌特性几乎不受 pH 值影响;氧化多种有机物和无机物;有延长消毒效果的作用。                                                 | 二氧化氯易于爆炸,使用不当有安全问题;二氧化氯有毒性,会刺激呼吸道;产生亚氯酸盐等无机副产品,对肝、肾、甲状腺等有影响。               |
| MBR 工艺 | 去除病菌附着载体,除菌效果好;不产生二次污染;无安全的隐忧,除菌和降解有机物同步进行;不受 pH 和水温影响其除菌效果,水中所含有毒有害物质对除菌效果影响不大;无需另外加消毒工序,省去所有消毒工序的运行管理步骤及其费用。 | 目前膜材料的价格偏高,需结合膜材料的研制和膜生物反应器进行深化和开发;投资较大,运行费用高。                             |

气候条件也比较相近,但从表 2 可以看出,广州市区大气羰基化合物的浓度高于香港。甲醛和乙醛的浓度是香港的 3 倍还要多。

### 3 小结

通过对广州市区大气羰基化合物的检测发现,甲醛和乙醛的含量较高,平均浓度分别为 13.49 和 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,远高于香港。甲醛、乙醛和其他羰基化合物之间具有较好的相关性,说明它们具有共同的来源,最有可能是汽车尾气。

### 4 参考文献

[1] 唐建辉,王新明,冯艳丽,等. 大气中  $\text{C}_1\text{--C}_{10}$  羰基化合物的

测定. 分析化学,2003,31(12):1468~1472

- [2] P B Shepson, D R Hastie, H I Schiff, et al. Atmospheric Concentrations and Temporal Variations of  $\text{C}_1\text{--C}_3$  Carbonyl Compounds at Two Rural Sites in Central Ontario. *Atmos. Environ.*, 1991, 25A, 2001~2015
- [3] Grosjean D. Aldehydes, carboxylic acids and inorganic nitrate during NSMCS. *Atmospheric Environment*, 1988, 22: 1637~1648
- [4] Possanzini M, Di Palo V, Petricca M, et al. Measurement of formaldehyde and acetaldehyde in the urban ambient air. *Atmos. Environ.*, 1996, 30: 3757~3764
- [5] Ho K F, Lee S C, Louie P K K, et al. Seasonal variation of carbonyl compounds in urban area of Hong Kong. *Atmos. Environ.*, 2002, 36: 1259~1265

## Measurement of Carbonyl Compounds in the Urban Ambient Air in Guangzhou

Feng Yanli He Qiusheng Wen Sheng Sheng Guoying Fu Jiamo

**Abstract** An EPA method has been used to measure 6 carbonyl compounds in the atmosphere in Guangzhou. The most abundant carbonyls were found to be formaldehyde and acetaldehyde with the average concentrations of 13.49 and 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively, and they accounted for 85% of the total carbonyls determined. A correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.88 was found between formaldehyde and acetaldehyde, it showed that they came from the same source.

**Key words** air pollution carbonyl compounds formaldehyde acetaldehyde source Guangzhou

(上接第 11 页)

### 3 结语

MBR 具有过程密闭、可杜绝二次污染、水处理效率高、出水水质优异、自动化程度高、占地仅为传统方法的 1/4 等特点,对医疗废水的治理效果非常好。

但是目前膜生物反应器运行的动力费用较高且污泥浓度、混合液黏度等都影响膜通量,操作方式等也成为了限制膜生物反应器推广的主要因素。随着膜制造技术的进步,膜质量的提高和膜制造成本的降低,MBR 的投资与运行费用也会随之大幅度降

低。长远来看,应用这一高新技术改造医院污水处理系统非前景广阔,因此国家环保总局将其列为医疗废水的生物处理工艺予以推广。

### 4 参考文献

- [1] 何义亮. 膜生物反应器技术的研究与应用进展. *上海环境科学*, 1998, 17(7): 17~20
- [2] T. Stephenson, S. Judd, B. Jefferson, et al. 膜生物反应器污水处理技术. 张树国, 李咏梅译. 化学工业出版社, 2003. 6~9
- [3] 陈志莉, 张统. 医院污水处理技术及工程实例. 北京: 化学工业出版社, 2003. 1~3

## MBR Project Instance Analysis in Medical Waste Water Treatment

Man Yunhua

**Abstract** United with membrane separate and biological disposal unit, MBR is a new type of wastewater disposal technology and have unique characteristics in dealing with the medical wastewater. "Medical Sewage Treatment Technology Guide" issued by State Bureau of Environmental Protection and "Water Pollution Discharge Standard of Medical Organization" being made all give priority to MBR.

**Key words** Membrane Bioreactor medical waste water instance analysis

## 广州城市灰霾的出现及其警示

刘攸弘

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 通过观察到广州的霾现象指出城市灰霾现象是城市大气严重污染的一种警示,应引起充分关注。浅析城市灰霾的特征,与雾的区别及其与逆温、悬浮微粒的关系。

**关键词** 城市灰霾 悬浮微粒 警示

近年鲜为人知的霾不时在广州的气象报告中出现,引起了人们的关注。霾是一种大气现象,气象部门长期以来都将其列为观测项目之一,只是过去较少将这种现象与大气污染直接联系起来而没有给予突出的报导,或者说其严重程度未足以引起注意。但近年随着人们环保意识的增强,霾因其出现频率及其视野影响程度的增加而频频见报。特别是出现灰霾的时候,天空不见蔚蓝,却是一片灰白,在城市的近地层甚至显棕灰色;远处景物一片模糊、浑浊,使人感到有一幅无形的灰色薄纱笼罩着大地,却又摸不着、看不清,不舒畅。如果连续多日都有霾出现时,还会发现各医院呼吸道疾病的诊病率明显上升,老人与儿童的发病率增加。

### 1 霾的现象

在气象学词典中<sup>[1]</sup>霾被解释为:大气中存在着肉眼不能分辨,但数量多到足以使天空呈现出乳白光的极小而干燥的微粒悬浮时的一种现象。笔者曾偶然于 2001 年 11 月 18 日(星期天)在白云山上注意到这一现象。当年 11 月间正是在广州市召开全国第九次运动会期间,天气一直非常良好,阳光灿烂,天蓝无云,远望白云山清晰可辨。是日笔者兴致勃勃登上白云山,于 10 时半在观景台回望广州城区,却不禁令人大吃一惊,整个城区一片朦胧,就象被淹没在灰白色的光幕里,以东山区、越秀区至荔湾区方向尤其严重,与笔者所站位置相距约 4 km 处的广东、广州电视发射塔变得模糊不清,远处建筑物如同天幕中的海市蜃楼。笔者意识到这应该是典型的

城市灰霾现象。它的出现令人们难以在白云山上看清楚广州市美丽的容貌。

### 2 城市灰霾的特征

霾可分为高空霾、尘霾、沙霾、盐霾,还有所谓的城市灰霾。霾有一定的厚度,它往往与大气逆温层同时出现,并以逆温层为上界。高空逆温层可以导致高空霾的出现,导致整个天空呈乳白色,失去蔚蓝的原色;低空逆温则形成低空的灰霾层,并向下延伸到地面。当城市上空出现逆温时,城市近地面层大量悬浮微粒及各种气态污染物难以冲破逆温层向上空扩散,而被抑制在逆温层内,遇到晴朗而干燥天气,积聚的微粒对太阳辐射产生强烈的吸收与散射作用,透过低层混浊的空气在城市冠层背景中呈现出灰白光,便是可称谓的城市灰霾或简称城市霾、灰霾。由于城区中悬浮微粒的浓度远远高于郊外,所以出现霾的时候,城区中能见度就明显低于郊外。在城市灰霾出现时站在一定的高度上(如白云山上)远望城市冠层的天际并以天空为背景,可分辨出低层污浊空气与上层较洁净空间颜色明显不连续的分层界线,这就是所谓的霾线。出现霾线的高度便是城市霾层的顶部。霾层顶的高度往往随低空逆温层的高度而变化。在城市上空出现明显的霾线正是城市灰霾的视觉特征。因此每个人都可以在一定高度上远望城市天际看是否有霾线而判断城市灰霾的存在。但霾没有明显的水平边界,其水平边界呈弥散状态。霾的水平范围往往可以达到数百 km<sup>2</sup> 以上,甚至更广的范围,整个珠江三角洲地区乃至华南地区也可能同时

出现。但城市地区与其它地区给能见度造成的影响程度不同,在城区灰霾造成的影响就要明显得多。

### 3 霾与雾的区别

霾与雾呈现在人们眼前的天空都是一片乳白的浑浊,有时很难以区分两者何时为霾何时为雾;有时上午是雾,但到了下午的却是霾。实质上雾与霾是不同的大气现象。

按其定义:霾是空气中干燥的悬浮微粒使天空呈现乳白光的一种现象。这里干燥的空气便是霾出现的一个特征。雾是空气中很多微小水滴或凝聚着水汽的颗粒物在空中悬浮的现象,并使地面能见度下降,有时可降至只有 10 多 m(雾的种类与成因也十分复杂,在此不予细述)。空气中潮湿的悬浮微粒则是雾的特征。因此通常可用空气湿度大小作为区分霾与雾的简易而重要的判别因子。一般而言,出现霾时空气的相对湿度小于 70%,出现雾时相对湿度大于 60%。

在广州地区也常有上午是雾下午是霾的现象。这是因为在广州城市上空经常飘浮着大量的悬浮微粒,它既是形成雾所必不可少的水汽凝结核,但又是能够散射太阳光形成霾乳白光所必需的质点。当出现的晨雾被上午的阳光照射后,空气中的水汽便迅速蒸发又变得干燥起来,到了下午,如果还有逆温存在,霾的现象又可能突现出来。然而,必须强调这并非说雾与霾有必然的转变关系,因为它们的气象成因是不同的;也并非有截然可辨的分界。而存在于大气中的悬浮微粒是霾与雾共有的基本因素。

### 4 霾与逆温的关系

霾的分类及霾层的厚度、霾的形成条件与上空出现的逆温,有密切关系,特别是对于城市灰霾。广州市低空是逆温出现频率较高的地区,据分析<sup>[4]</sup>早上出现逆温的平均机率可达 65%,傍晚也有 56%。而且全年各月份均可出现,3 至 4 月平均出现率达 68%,其中以低层的悬浮逆温较多,尤其是春季;5 至 9 月也有 48% 的出现机率,但在夏季接地逆温较弱,维持时间较短,日出后迅速消失,而悬浮逆温往往出现在 400 m 高空以上,维持时间较长,经常是由副热带高压系统控制下因气流下沉增温而形成的逆温层为主;10 月至翌年 2 月,属于广州的秋冬季节,

低空逆温的出现机率平均高达 81.4%,主要是接地的辐射逆温,其逆温厚度经常为 200~300 m 之间。笔者在白云山上观察到的一次城市灰霾现象,后经气象部门提供的资料分析,当日正是在广州市的上空存在变性高压控制下的逆温层所至,而且相对湿度只有 30%~60%。

根据霾的成因特点,一般可将天空晴朗、静风、少云、有低空逆温存在、空气干燥、相对湿度小于 70% 等作为容易形成城市灰霾的气象条件考虑,或者说可作为霾的判断依据。这些必要条件在广州地区是容易满足的,除了前述低空逆温年平均出现频率达到 65% 之外,静风的频率多年平均达到 29%,在秋冬季节变性冷高压系统控制下或在夏季副热带高压系统控制下都经常会出现形成霾的气象条件。所以说就气象条件而言,广州市是很容易形成霾的,只要空气中有足够数量的悬浮微粒,广州城市霾的频频出现也就难以避免。

### 5 霾与悬浮微粒

霾的形成,除了宏观的必要的气象条件外,不容忽视的是作为充分条件的内因——空气中足够数量的悬浮微粒。足够数量的悬浮微粒仅仅是概念的要求而已。实际上根据过去在广州地区所作的有关研究已充分说明广州城区空气中的悬浮微粒数量何止是数量足够,而是十分严重。如早在 1986 年至 1989 年的广州地区大气环境容量研究,已发现广州城区空气的总悬浮微粒(TSP)中是以可吸入颗粒物( $PM_{10}$ )为主,约占 44.7%~59.3%;而可通过呼吸道直接进入人体肺泡的小于  $2.5\ \mu m$  的小微粒( $PM_{2.5}$ )又占了  $PM_{10}$  的 56%~66%,其中绝大部分是小于  $1\ \mu m$  的微粒。北京大学唐孝炎等在珠江三角洲空气质量研究总结报告(2002 年)的研究进一步指出,在广州地区这些微小粒子数量峰值在粒径为  $0.67\ \mu m$  处,浓度范围为  $150\sim 280$  个/ $cm^3$ ;还指出  $PM_{10}$  浓度城区比白云山上高出 47%、 $PM_{2.5}$  高出 33.7%。广州城区的低空经常存在着大量的悬浮微粒便是霾形成的物质基础,是形成霾的充分条件。充分与必要条件同时存在便构成了霾形成的必然性。

另一方面,广州城区空气中呈现数量峰值在  $0.67\ \mu m$  处的微粒。恰好与太阳辐射的可见光波段  $0.4\sim 0.8\ \mu m$  范围一致<sup>[5]</sup>。可见光波长相同的微粒便对太阳光产生强烈的吸收与散射作用,这就是导致霾

出现时产生特殊的乳白光或灰白光的原因。

霾出现的时候空气质量明显下降。笔者长期观察发现一旦出现城市灰霾时,  $PM_{10}$  的浓度往往可以达到  $350 \mu g/m^3$  以上, 足以达到重污染程度, 对人们的健康十分有害。在多年前广州城区  $PM_{10}$  的日均浓度超标率已达到 77.1%, 超标倍数最高达到 2.73 倍;  $PM_{2.5}$  的日均浓度超标率高达 87.1% (按美国标准), 超标倍数最高达 6.8 倍<sup>[9]</sup>。可见城市灰霾一旦出现, 就表明城区空气质量处于十分有害健康的恶劣状态。

## 6 霾的警示

广州城市灰霾的出现本身对于大气环境、对于空气质量、对于人们的健康就是一个严重的警示。根据广州热带气象研究所吴兑研究员的研究指出近年广州灰霾出现频率在逐年增加, 据他的统计 2002 年达到 85 d, 2003 年则达到 98 d。广州霾的经常出现是值得非常关注的问题。这不仅仅会影响到每一个生活在广州城区的市民健康, 也会影响到整个城市的社会经济活动, 不经意间广州霾就会与上个世纪初的伦敦雾齐名, 而带来广泛的不良影响。

城市灰霾的频频出现造成能见度常常不良的情况, 故说明广州经常会出现其特定的气象条件, 同时也说明空气污染的严重性。气象条件是目前人类无法改变的自然规律, 但人为的空气污染却可以努力去减少。

城市灰霾形成时也不仅仅是其中的悬浮微粒对太阳光产生反射与散射的作用, 而且在这一大气物理过程中同时也存在大气化学作用, 存在着一个更为复杂的过程。例如可能同时存在光化学反应而出现光化学污染。从美国洛杉矶、日本东京出现光化学

烟雾时的气象条件看, 其强日照、低湿度、静风无云、高空逆温等特征与广州灰霾出现情况极其相似; 不同的只是光化学污染是在这种气象条件下,  $NO_2$ 、CO、HC 等气态污染物受太阳紫外光作用下发生光化学作用, 产生一系列复杂的分解氧化过程所致。目前广州城区近百万辆汽车所排放的  $NO_2$ 、CO、HC 等污染物的浓度已相当高, 其中  $NO_2$  的浓度经常超国家大气二级标准, 而且还能测到高浓度的过氧化氢、醛类等强氧化剂<sup>[9]</sup>。因此, 在广州城市灰霾出现的时候, 又同时存在光化学污染, 是完全可能的。如果是这样, 广州城市灰霾的出现, 将给我们一个极其严峻的不可回避的警示: 可吸入悬浮微粒的污染与光化学污染可能同时袭向我们。这时给我们造成的危害将比单一的光化学烟雾或单一的悬浮微粒污染影响更严重。为此, 我们应该尽快同步开展霾与光化学污染的研究课题, 为从根本上改善广州大气环境质量寻找更合理有效的全方位对策。

## 7 参考文献

- [1] 世界气象组织. 气象学词典. 科学出版社, 1977. 116~117
- [2] 刘攸弘, 陈琳, 周小幸, 等. 广州低空逆温气候特征及其与大气污染的关系. 见: 中国地理学会. 城市气候与城市规划论文集, 科学出版社, 1984
- [3] K·沃尧, C·沃纳. 空气污染来源及控制. 中国环境科学出版社, 1989. 14
- [4] 陈旻, 王宇骏, 刑琪, 等. 广州市空气可吸入性颗粒物的污染水平. 中国环境监测, 1999, (2)
- [5] 唐永奎. 广州市城区湍流扩散和弥散过程的研究及其模拟. 见: 唐永奎论文选集. 环境科学与可持续发展论文集. 中国环境科学出版社, 1998. 72

## The Appearance of Haze and Warning in Guangzhou

Liu Youhong

**Abstract** This paper analyses the character of haze, the difference between it and fog, and the relation of haze and converse temperature, suspended particle through observing the haze in Guangzhou. The haze in city is severe warning of air pollution, which should be paid attention to.

**Key words** city haze suspended particle warning Guangzhou city

## 广州市大气羰基化合物污染初探

冯艳丽 何秋生 文 晟 盛国英 傅家谟  
(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

**摘 要** 采用美国环保署的方法,对广州大气中 6 种主要的羰基化合物进行了检测。结果表明,甲醛和乙醛含量最高,平均浓度分别为 13.49 和 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,二者占 6 种羰基化合物含量的 85%。甲醛和乙醛具有良好的相关性( $R^2=0.88$ ),表明二者具有相同的来源(最有可能来自汽车尾气)。

**关键词** 空气污染 羰基化合物 甲醛 乙醛 来源 广州市

羰基化合物是大气有机污染物的重要组成部分,是产生自由基的重要前体,也是有机酸和氧化剂的母体。室外羰基化合物主要来源于化石燃料不完全燃烧的排放物及光化学反应,而室内来源主要有涂料、家具、装饰品及抽烟、做饭、取暖等。大气羰基化合物污染对人体健康有害(如甲醛对眼睛、上呼吸道有刺激作用,导致头痛、恶心、疲劳、干渴等),近年越来越受到人们的关注<sup>[1-5]</sup>。

### 1 实验部分

#### 1.1 采样地点

于 2002 年 8 月 20 日至 9 月 20 日期间,20:30~24:00 在广州市区交通繁华地段,选择 4 个采样点进行采样(距离主干道约 2~3 m,在楼顶或其他建筑物顶层采样,高度约 2~10 m)。采样期间气温一般为 25℃ 左右,相对湿度约为 60%。

#### 1.2 样品采集与样品分析

分析方法详见唐建辉等介绍的方法<sup>[6]</sup>。所用试剂均为色谱纯,实验用水为双蒸水再经 Milli-Q 膜过滤处理。6 种羰基化合物标样购自 Chem Service 公司。二硝基苯肼(2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH)晶体为 Fluka 公司产品。采样管为 Sep-Pak Silica Gel cartridge(Waters 公司),用 DNPH 涂布。涂布方法如下:DNPH 用乙腈重结晶 3 次,然后加入乙腈制成 DNPH 饱和储备液;取 60 mL DNPH 饱和储备液,加入 500 mL 容量瓶中,加 4 mL 正磷酸酸化,用乙腈稀

释到刻度,摇匀,便是 DNPH 涂渍液;每个硅胶小柱先用 10 mL 乙腈冲洗,然后再用 7 mL DNPH 溶液缓慢涂布,等到下端没有液体流出时,用氮气将硅胶小柱吹干,用锡箔纸包好,并随浸过 DNPH 溶液的滤纸一起放入密封袋,置于冰箱中。

采样时将硅胶小柱连接真空泵(Thomas 公司生产),为了防止臭氧与羰基化合物的衍生物发生反应,前面加一 KI 管(空心扩散管)。采样时间一般是每天 2.5~3.5 h,流量 0.7~1.1 L/min。采样前和采样后都要用流量计(美国 Bios 公司 DryCal DC Lite)测流量。采样结束后,样品立即用锡箔纸包好,放入密封袋,置于低温密封罐中。

采集的样品用乙腈洗脱、定容至 5 mL,然后用 HPLC-UV 检测(HP1100 HPLC, Agilent SB-C18 反相柱, 250 mm × 4.6 mm, 5  $\mu\text{m}$ )。采用梯度洗脱,流动相为乙腈和水。

外标法定性和定量:用已知浓度的标样在相同的色谱条件下分离,根据保留时间对实际样品峰定性和通过峰面积定量。标准曲线的线性回归系数  $R^2$  均大于 0.999。

### 2 结果

#### 2.1 大气中羰基化合物的浓度

羰基化合物的检测结果列于表 1,甲醛和乙醛含量最多,平均浓度分别为 13.49 和 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,二者占总检测羰基化合物的 85%,其他 4 种醛类占 15%。

表 1 广州大气中羰基化合物浓度及比值

| 化合物     | 算术平均值<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 最大值<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 最小值<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 百分比<br>% |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|
| 甲醛      | 13.49                             | 29.01                           | 7.05                            | 54.19    |
| 乙醛      | 7.65                              | 17.31                           | 3.25                            | 30.73    |
| 丙醛      | 1.30                              | 2.51                            | 0.35                            | 5.23     |
| 巴豆醛     | 0.44                              | 0.87                            | 0.19                            | 1.75     |
| 丁醛      | 0.93                              | 1.62                            | 0.47                            | 3.72     |
| 苯甲醛     | 1.06                              | 2.22                            | 0.52                            | 4.36     |
| 总和      | 24.89                             | 53.54                           | 11.84                           |          |
| 甲醛 / 乙醛 | 1.82                              | 2.42                            | 1.30                            |          |
| 乙醛 / 丙醛 | 6.41                              | 13.87                           | 4.40                            |          |

2.2 羰基化合物的来源

Shepson 等<sup>[4]</sup>指出,甲醛 / 乙醛比值和乙醛 / 丙醛比值可以用来大致判断大气羰基化合物的人为来源或者自然来源。甲醛 / 乙醛比值一般在 1~10 之间,城市大气中一般为 1~2,而森林及偏远郊区一般为 10。本次结果甲醛 / 乙醛比例的均值为 1.82,说明广州市区大气羰基化合物主要来自人为污染源。乙醛 / 丙醛比值也可用来指示人为来源,因为

一般认为丙醛在大气中含量很低,主要是人为来源。乙醛 / 丙醛比值在郊区较高而在市区较低。广州大气中乙醛 / 丙醛比例均值为 6.41,与 Grosjean (1988)的研究结果(比值为 6.0)较为接近,也表明在广州市区大气羰基化合物主要是人为来源。

2.3 羰基化合物之间的相关性

图 1 可以看出,甲醛和乙醛的相关系数  $R^2=0.88$ ,乙醛和丙醛的相关系数  $R^2=0.71$ ,甲醛和丙醛的相关系数  $R^2=0.73$ ,甲醛和苯甲醛的相关系数  $R^2=0.84$ 。它们之间具有良好的相关性,说明它们具有相同的来源,最有可能是来源于汽车尾气(由于采样时间为晚上,光化学反应不明显),这个结果与其他国家和地区的研究结果一致<sup>[4,5]</sup>。

2.4 与香港大气中羰基化合物浓度的对比

香港和广州都位于珠江三角洲地区,相距 120 km,

表 2 本研究结果与香港结果的对比  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 地点                | 采样时间 | 甲醛    | 乙醛   | 丙醛   | 丁醛   | 苯甲醛  |
|-------------------|------|-------|------|------|------|------|
| 香港 <sup>[5]</sup> | 一年   | 4.13  | 2.01 | 0.24 | 0.15 | 1.06 |
| 广州                | 夏季   | 13.49 | 7.65 | 1.30 | 0.93 | 1.06 |

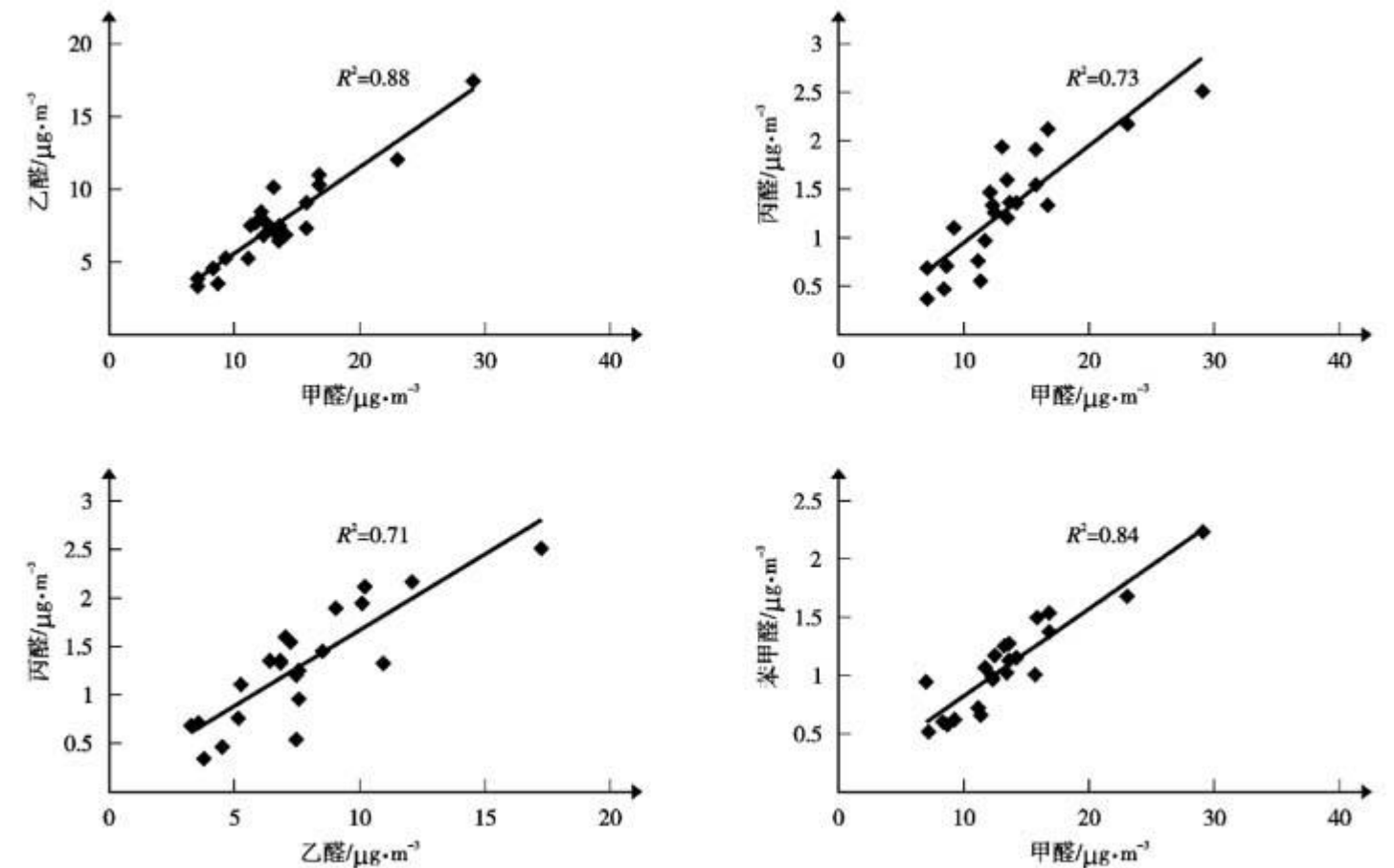


图 1 羰基化合物之间的相关性

气候条件也比较相近,但从表 2 可以看出,广州市区大气羰基化合物的浓度高于香港。甲醛和乙醛的浓度是香港的 3 倍还要多。

### 3 小结

通过对广州市区大气羰基化合物的检测发现,甲醛和乙醛的含量较高,平均浓度分别为 13.49 和 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,远高于香港。甲醛、乙醛和其他羰基化合物之间具有较好的相关性,说明它们具有共同的来源,最有可能是汽车尾气。

### 4 参考文献

[1] 唐建辉,王新明,冯艳丽,等. 大气中  $\text{C}_1\text{--C}_{10}$  羰基化合物的

测定. 分析化学,2003,31(12):1468~1472

- [2] P B Shepson, D R Hastie, H I Schiff, et al. Atmospheric Concentrations and Temporal Variations of  $\text{C}_1\text{--C}_3$  Carbonyl Compounds at Two Rural Sites in Central Ontario. *Atmos. Environ.*, 1991, 25A, 2001~2015
- [3] Grosjean D. Aldehydes, carboxylic acids and inorganic nitrate during NSMCS. *Atmospheric Environment*, 1988, 22: 1637~1648
- [4] Possanzini M, Di Palo V, Petricca M, et al. Measurement of formaldehyde and acetaldehyde in the urban ambient air. *Atmos. Environ.*, 1996, 30: 3757~3764
- [5] Ho K F, Lee S C, Louie P K K, et al. Seasonal variation of carbonyl compounds in urban area of Hong Kong. *Atmos. Environ.*, 2002, 36: 1259~1265

## Measurement of Carbonyl Compounds in the Urban Ambient Air in Guangzhou

Feng Yanli He Qiusheng Wen Sheng Sheng Guoying Fu Jiamo

**Abstract** An EPA method has been used to measure 6 carbonyl compounds in the atmosphere in Guangzhou. The most abundant carbonyls were found to be formaldehyde and acetaldehyde with the average concentrations of 13.49 and 7.65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively, and they accounted for 85% of the total carbonyls determined. A correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.88 was found between formaldehyde and acetaldehyde, it showed that they came from the same source.

**Key words** air pollution carbonyl compounds formaldehyde acetaldehyde source Guangzhou

(上接第 11 页)

### 3 结语

MBR 具有过程密闭、可杜绝二次污染、水处理效率高、出水水质优异、自动化程度高、占地仅为传统方法的 1/4 等特点,对医疗废水的治理效果非常好。

但是目前膜生物反应器运行的动力费用较高且污泥浓度、混合液黏度等都影响膜通量,操作方式等也成为了限制膜生物反应器推广的主要因素。随着膜制造技术的进步,膜质量的提高和膜制造成本的降低,MBR 的投资与运行费用也会随之大幅度降

低。长远来看,应用这一高新技术改造医院污水处理系统非前景广阔,因此国家环保总局将其列为医疗废水的生物处理工艺予以推广。

### 4 参考文献

- [1] 何义亮. 膜生物反应器技术的研究与应用进展. *上海环境科学*, 1998, 17(7): 17~20
- [2] T. Stephenson, S. Judd, B. Jefferson, et al. 膜生物反应器污水处理技术. 张树国, 李咏梅译. 化学工业出版社, 2003. 6~9
- [3] 陈志莉, 张统. 医院污水处理技术及工程实例. 北京: 化学工业出版社, 2003. 1~3

## MBR Project Instance Analysis in Medical Waste Water Treatment

Man Yunhua

**Abstract** United with membrane separate and biological disposal unit, MBR is a new type of wastewater disposal technology and have unique characteristics in dealing with the medical wastewater. "Medical Sewage Treatment Technology Guide" issued by State Bureau of Environmental Protection and "Water Pollution Discharge Standard of Medical Organization" being made all give priority to MBR.

**Key words** Membrane Bioreactor medical waste water instance analysis

## 甲苯废气生物净化过程的动力学模拟研究

李章良 徐 静

(昆明理工大学环境科学与工程学院, 昆明 650093)

**摘 要** 以轻质陶块为填料,探讨了生物膜填料塔净化处理低浓度甲苯废气的生物净化过程,并依据“吸附-生物膜”理论建立相关的动力学模型。经采用实验室数据对影响过程进行模拟,对比验证结果表明该模型的模拟计算值和实验值之间均有很好的拟合性,从而验证了模型的正确性。

**关键词** 生物膜填料塔 生物降解 甲苯废气 吸附-生物膜理论 动力学模型

生物法废气净化是一项新兴的技术<sup>[1-3]</sup>。欧洲学者提出的生物膜理论及数学模型,反映了大部分生物法废气净化的一般过程,与实验数据有较好的拟合性<sup>[4]</sup>。而本课题组前期研究发现,挥发性有机废气属难溶气体,生物塔内喷淋液体对其净化过程的传质不起促进作用,液体仅对生物膜起润湿作用。孙珮石等提出的“吸附-生物膜”理论<sup>[5]</sup>更贴近实际。

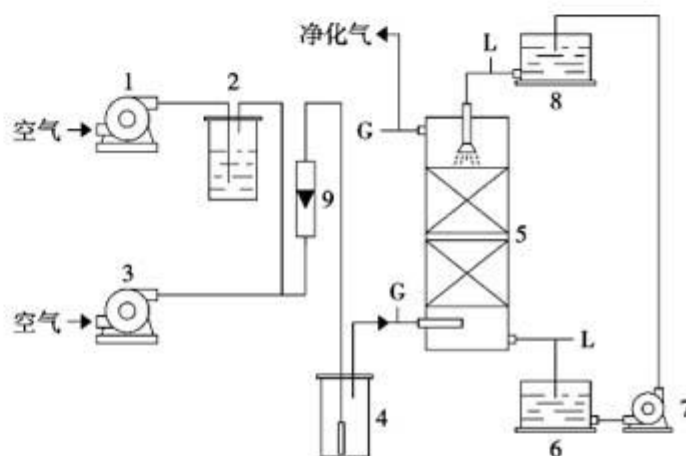
本研究选取轻质陶块作为填料,考察了生物膜填料塔对低浓度甲苯废气的生物净化过程,并用“吸附-生物膜”理论的动力学模式对影响过程进行模拟研究。

### 1 实验装置与方法

实验装置及流程如图 1 所示。生物膜填料塔用内径 72 mm 有机玻璃管制成,总高度 1.4 m,填料分 2 层,每层高度 500 mm,中间间隔 100 mm。

实验采用逆流操作。甲苯废气采用动态法配制,纯甲苯气体和主气流首先在混合瓶中混合均匀,而后由塔底部进入生物膜填料塔,在甲苯废气上升过程中与填料上润湿生物膜接触而被净化,净化后气体从塔顶排出。高位槽循环液体从塔顶向下喷淋到填料上,自上而下润湿整个填料层,并从塔底排出进入循环水槽,而后由循环泵打回高位槽循环使用。

实验在常温下(7~26℃)进行,进气甲苯浓度 95~350 mg/m<sup>3</sup>,流量负荷 196.6 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>·h)(物理意义:单位时间内通过单位体积填料的气体流量),气体空塔停留时间 18.3 s,循环液喷淋密度  $L_w=0.25\sim3.68$  m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。甲苯浓度测试采用甲苯检



1.气泵;2.纯甲苯瓶;3.风机;4.气体混合瓶;  
5.生物膜填料塔;6.循环槽;7.循环水泵;8.高位槽;  
9.气体流量计;G.气体取样点;L.液体取样点

图 1 实验装置流程图

知管法,检测范围:50~1 000 mg/m<sup>3</sup>。

### 2 生物膜填料塔降解甲苯的动力学模式

#### 2.1 废气生物净化的基础理论

虽然欧洲学者提出的“吸收-生物膜”理论是现阶段国际上常用的描述生物法净化处理废气中污染物过程机理的基础理论,但是也存在着许多的不足与缺陷。例如,对低浓度挥发性有机废气的处理,由于这些有机物几乎不溶于水中或仅仅是微溶于水(在 25℃时,甲苯溶解度为 0.05 g/100 g 水),而生物膜填料塔通常都需用水来润湿生物膜。如果采用

“吸收-生物膜”理论来解释它们是依靠扩散通过液膜或水膜后到达生物膜表面,最后被其中的微生物捕获而得到净化的机理,就显得有些不尽合理。孙珮石等<sup>[1]</sup>依据实验结果,运用化学反应工程学与生物化学反应原理,对生物法净化低浓度挥发性有机废气的过程机理以及生物膜作用原理进行了探讨研究,并从气体吸附理论的新思路来描述低浓度挥发性有机废气的生物净化过程机理,提出了“吸附-生物膜”理论。

按照“吸附-生物膜”理论,生物法净化低浓度难溶或微溶于吸收液(水)废气要经过以下几个步骤:(1)废气中污染物扩散通过气膜并被吸附在润湿的生物膜表面;(2)吸附在生物膜表面的污染物被其中的微生物捕获并吸收;(3)进入微生物细胞体内的污染物在微生物体内的代谢过程中作为能源和营养物被分解,最终转化为无害的物质;(4)生化反应的产物逆向脱附离开生物膜,进入气体主流。具体过程如图 2 所示。

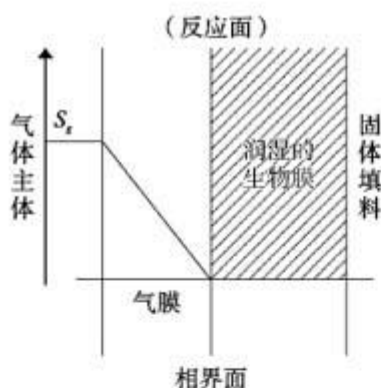


图2 “吸附-生物膜”理论

## 2.2 “吸附-生物膜”理论的动力学模式

根据“吸附-生物膜”理论,生物膜填料塔对挥发性有机废气净化是以生物膜为有效吸附表面、以活菌体为生物反应活化中心的吸附-生物化学反应过程,液相只是滞留在生物膜表面和内层中,不是用于挥发性有机废气溶剂,而是用于微生物生长和自身代谢,属于非连续流动相。因此在建模时将不涉及液膜扩散、生化反应级数变化以及过渡区等复杂问题,而是从一个吸附-生物降解角度来描述整个过程,可以简化计算和提高准确性。

对于生物膜填料塔,其概念化模型如图 3 所示。依据“吸附-生物膜”理论,建立如下动力学模式<sup>[7]</sup>:

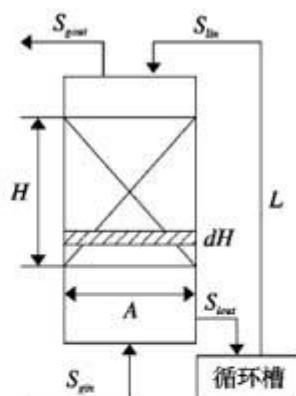


图3 生物膜填料塔概念化模型  
G 气体流量; L 液体流量; H 塔层高度; A 塔截面积;  
 $S_{gin}$  入口气体甲苯浓度;  $S_{gout}$  出口气体甲苯浓度;  
 $S_{lin}$  入口液体甲苯浓度;  $S_{lout}$  出口液体甲苯浓度

图3 生物膜填料塔概念化模型

$$S_{gout} + \frac{1}{\lambda} \ln S_{gout} = S_{gin} + \frac{1}{\lambda} \ln S_{gin} - \frac{b \cdot A \cdot H \cdot H_c}{G \cdot H_c - L}$$

式中  $H_c$  为甲苯亨利系数 (0.26~0.28),  $\lambda$  为吸附系数,  $b$  为生物膜填料吸附常数。

此方程是针对甲苯在整个填料塔内的生物膜表面吸附和生化去除所建立的宏观反应动力学模式。

## 3 动力学模式的验证

### 3.1 参数的求取

采用生物膜填料塔净化处理低浓度甲苯废气的实验数据对上述动力学模式进行验证。以入口气体甲苯浓度的倒数为横坐标,以甲苯生化去除量的倒数为纵坐标,对实验数据进行线性回归,得到回归方程为  $y=11.989x+0.0026$  (回归系数  $R^2=0.912$ )。因此在本实验中甲苯的吸附常数  $b=384.62 \text{ mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ ,  $\lambda=0.217 \text{ L}/\text{mg}$ 。

### 3.2 入口气体甲苯浓度影响的模拟验证

当气体流量为  $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$  时,对于不同入口气体甲苯浓度,运用上述动力学模式计算甲苯净化效率及甲苯生化去除量,并将模拟计算值与实验值进行对比,其结果如图 4、图 5 所示。

对比验证结果表明,本研究动力学模式对低浓度甲苯废气净化效率及甲苯生化去除量的模拟计算值与实验值之间均有很好的拟合性(相关系数  $R$  分别为 0.9968 和 0.9930)。因此可以运用“吸附-生物膜”理论的动力学模式对低浓度甲苯废气的入口气体甲苯浓度影响进行模拟研究。

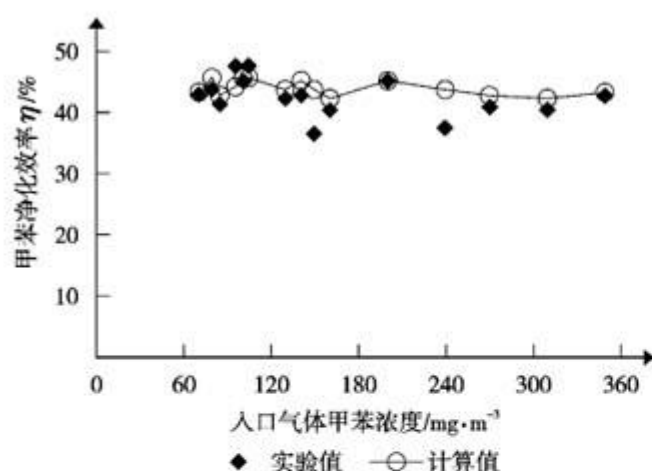


图4 甲苯净化效率模式计算值与实验值对比

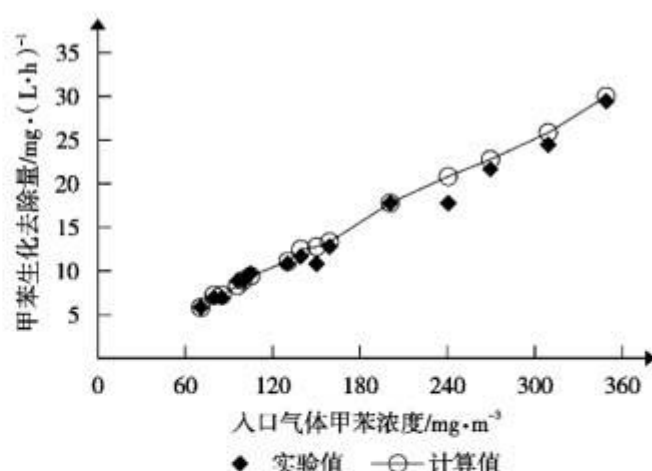


图5 甲苯生化去除量模式计算值与实验值对比

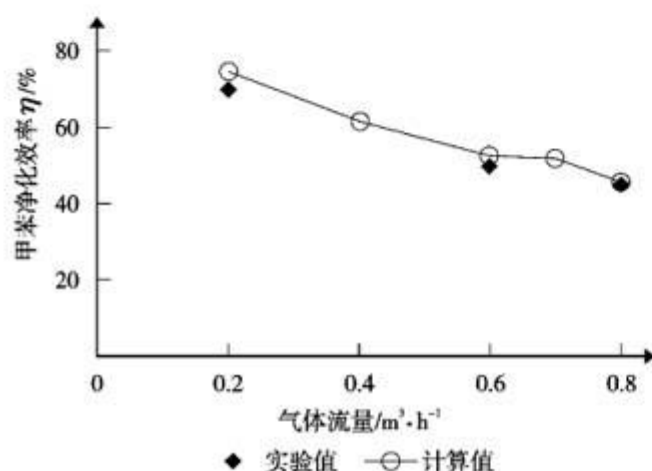


图6 甲苯净化效率模式计算值与实验值对比

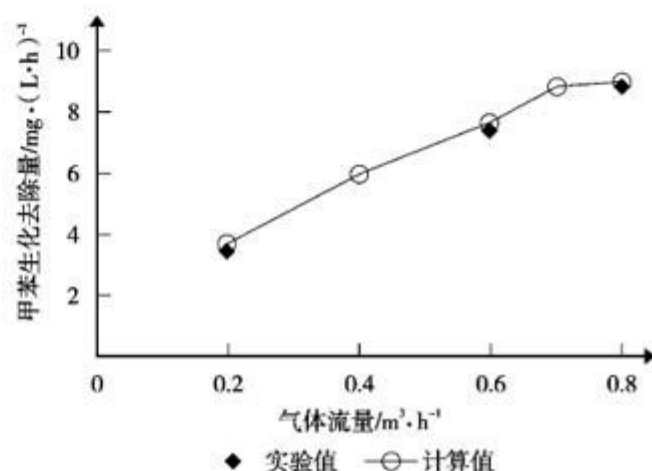


图7 甲苯生化去除量模式计算值与实验值对比

### 3.3 气体流量影响的模拟验证

气体流量影响模拟计算值与实验值对比结果如图6、图7所示。

从图中可以看出, 甲苯净化效率及甲苯生化去除量的模拟计算值与实验值之间也均有很好的拟合性(相关系数  $R$  分别为 0.9996 和 0.9994)。

## 4 结论

针对生物膜填料塔净化处理低浓度甲苯废气的过程, 运用“吸附-生物膜”理论的动力学模式对入口甲苯浓度及气体流量等影响因素进行模拟, 经对比验证结果表明, 该动力学模式对甲苯净化效率及甲苯生化去除量的模拟计算值和实验值之间均有很好的拟合性。这表明本课题组前期建立“吸附-生物膜”理论的动力学模式对生物膜填料塔净化处理低浓度甲苯废气具有很好的适用性, 可以在实际运用中进行模拟研究。

## 5 参考文献

- [1] 苑宏英, 郭静, 徐娟, 等. 生物膜法降解甲苯废气过程的探讨. 城市环境与城市生态, 2002, 15(1): 44~46
- [2] 姜安玺, 王晓辉, 杨义飞, 等. 生物处理硫系恶臭气体的现状及展望. 哈尔滨建筑大学学报, 2001, 34(1): 45~48
- [3] Wu G, Conti B, Leroux A. A high performance biofilter for VOC emission control. Journal of the Air & Waste Management Association, 1999, 49(2): 185~192
- [4] 王德民, 赵一先, 李定邦. 生物滴滤池处理废气动力学模式研究. 上海环境科学, 1999, 18(7): 309~311
- [5] 孙珮石, 黄兵, 黄若华, 等. 挥发性有机废气生物净化过程中生物膜的作用研究. 贵州环保科技, 2001, 7(4): 1~4
- [6] 李章良, 孙珮石. 生物法净化处理高流量负荷下低浓度甲苯废气初探. 贵州环保科技, 2003, 9(3): 1~5
- [7] 孙珮石, 黄兵, 黄若华, 等. 生物法净化挥发性有机废气的吸附-生物膜理论模型与模拟研究. 环境科学, 2002, 23(3): 14~17

## Study on the Kinetic Simulation of Waste Gases with Toluene

Li Zhangliang Xu Jing

**Abstract** In the process of biopurifying waste gases containing toluene in low concentrations with high airflow load in a biotrickling filter using light ceramic block as stuff, the kinetic model and simulation of the new Adsorption-Biofilm theory were investigated. Based on the experimental data, the results of contrast and validation indicated that there were good coincidences between calculated data and experimental data, which verified the accuracy of the kinetic model.

**Key words** biotrickling filter biodegradation toluene adsorption-biofilm theory kinetic model

(上接第 3 页)

- 学报, 1990, 23(4): 1~10
- [3] 刘开弟, 吴和琴, 王念鹏, 等. 未确知数学. 武汉: 华中理工大学出版社, 1997. 20~98
- [4] 刘开弟, 吴和琴, 庞彦军, 等. 不确定性信息数学处理及应用. 北京: 科学出版社, 1999. 43~159
- [5] 李如忠, 汪家权, 王超, 等. 不确定性信息下的河流纳污能力计算初探. 水科学进展, 2003, (4): 459~463

- [6] 李如忠, 汪家权, 王超, 等. 基于未确知信息的河流纳污能力计算初探. 河海大学学报, 2003, (4): 386~388
- [7] 袁弘任. 水资源保护管理基础. 北京: 中国水利水电出版社, 1996
- [8] 王国平. 水质监测中未确知信息的数学处理. 中国环境监测, 2001, (6): 44~47

## A Mathematic Treatment of Unascertained Information in the Calculation of Reservoir Environmental Capacity

Zhu Xiaojuan Huang Ping

**Abstract** Because of the unascertained information in the reservoir water environmental system, a calculation is made on the water environmental capacity by the use of unascertained mathematics theory. Based on the calculation formula of reservoir water environmental capacity and the rules of four fundamental operations of unascertained rational numbers we can obtain not only the reservoir environmental capacity but also its corresponding confidence level. The case study shows that unascertained mathematics theory has a wider application prospect in water quality managing and environmental protection fields.

**Key words** water environmental capacity unascertained information unascertained rational number confidence level unascertained expected value

## 废干电池资源回收技术取得新突破

2004 年 4 月 12 日, 广州市科技局组织并主持了由广州市环境保护科学研究所承担的科技攻关项目《废干电池无害化与资源化技术研究》成果鉴定会。该项目以占国内市场 96% 以上的锌锰干电池和碱锰干电池为对象, 以取得市场价值最高又适销的产品—电解锌和电解二氧化锰为目标, 采用热解—酸溶—同槽电解组合工艺, 经过 2 年试验, 取得了锌锰回收率 97%、阴极和阳极电流效率分别大于 86% 和 91% 的

成套废干电池资源再生工艺技术成果。与会专家一致认为, 经过一年半试验, 该研究工艺路线合理、试验方法正确、数据充分、结论可信, 其中的废干电池热解过程物相变化规律、硫酸锌锰溶液溶剂萃取脱氯和提高阴极电流效率的研究有独创性, 总体达到国内领先水平, 同意通过科技成果鉴定, 并建议尽快投入中试。

(李穗中)

## 城市道路交通噪声污染控制技术及其效果调查分析

胡迪琴 卢庆普 何志辉 黎映雯 洪 程

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 介绍了现行国内外城市道路交通噪声污染控制先进技术,包括声屏障降噪技术、临街建筑防护技术、低噪声路面噪声控制、凹槽路面降噪技术、机动车辆噪声控制及绿化降噪措施。分析各种控制技术的效果、特点、适用范围及优劣。城市道路交通噪声污染控制是一项综合性、政策性、技术性强的系统工程。各城市需在掌握本地道路交通噪声污染及其受声敏感点现状特征与发展趋势的基础上,结合国内外道路交通噪声防治先进经验,找出适宜的道路交通噪声污染防治措施,并统一实施规划、管理。

**关键词** 城市 道路交通噪声 污染控制技术 效果分析

20世纪 80 年代末以来,我国城市道路进入大规模建设热潮。至 2002 年末,全国拥有城市道路长 19.1 万 km,道路面积 27.7 亿  $\text{m}^2$ ,城市人均道路面积  $7.9 \text{ m}^2$ ,是 1980 年的 2.8 倍<sup>[1]</sup>。城市路桥建设和交通事业的发展亦会对城市生态环境产生负面影响,随之而来的交通污染问题日益凸现,成为城市环境污染的主要来源。目前,我国城市道路交通噪声污染依然严峻,2002 年全国仍有 35.7%的城市道路处于轻度至严重污染水平,其中严重污染占 4.9%<sup>[2]</sup>。城市道路交通噪声扰民现象尤其突出,在广州市,约有 50 万市民生活在道路交通高噪声( $61\sim 71 \text{ dB(A)}$ )的环境,在环境噪声投诉中,道路交通噪声位居榜首,广州最新的社情民意调查结果表明,84%的受访者对噪声整治不满意。

城市总体规划混乱,路桥建设缺乏统一规划和科学管理,是造成我国城市道路交通噪声污染严重的主要因素。针对我国城市交通噪声不仅声级高,而且“声质量”差的现状,开展道路交通噪声污染防治调查与研究,寻找科学的道路交通噪声污染控制技术,切实改善城市道路交通噪声污染已迫在眉睫。

### 1 城市道路交通噪声污染控制技术

实现降低道路交通噪声须采取综合防治措施,主要包括规划措施、管理措施和控制技术。目前,国内外普遍应用的城市道路交通噪声污染控制技术主要包

括声屏障、临街建筑防护、低噪声路面、凹槽路面、机动车辆噪声控制和绿化降噪措施,现分述如下。

#### 1.1 声屏障降噪技术

##### 1.1.1 技术简述

在声源与受声点之间,设置的由密实材料构成的声学障板,称为声屏障。声波传播遇到声屏障时,产生反射、透射和衍射等现象。声屏障的作用就是阻止直达声传播、隔离透射声、明显削弱绕过屏障边缘的衍射声,从而在受声点侧形成声影区,噪声强度明显降低。

经科学设计的声屏障在国内外已广泛应用于城市道路交通噪声的污染防治,并取得了良好成效。近年,国际噪声控制工程学会对若干国家和地区约几十条声屏障进行调查,得出结果与建议如下:

(1)声屏障降噪效果取决于声屏障高度、被保护建筑物位置、声源位置和周围的环境条件。一般对两侧低层建筑效果明显,对高层建筑效果较差;小尺寸声源效果较好,对大尺寸声源效果较差。高度在 6 m 左右的声屏障对六、七层以上住宅降噪效果较差,在市区内修建更高的声屏障又不现实,因此,市区内应严格控制声屏障的建设,尽量不建和少建中高型声屏障,更多采取交通规划、交通管理、声源控制等措施降低交通噪声。

(2)声屏障的设置要充分考虑城市景观效果、

周围环境协调性和安全性。此外,材料和结构强度、防火性能、维护管理等因素也应注意。

(3)为使声屏障的设计和制造更科学、实用和经济,应有专业人员参与并按标准方法进行设计和测量评价。声屏障材料选用应取决于声屏障的设计降噪指标(插入损失)。城市路段如需要设立声屏障,应提倡低屏障(1~1.5 m)与绿篱相结合的生态屏障,这样既能取得降噪效果,又能得到较好景观。

(4)大多数声屏障高度为 2~6 m,降噪效果一

般为 1~20 dB。

(5)设计者应提出被保护对象空间分布的插入损失预测,施工者应对建造质量负责。

1.1.2 主要类型及特点

目前,用于城市道路声屏障的主要类型包括:顶部弯曲的声屏障、利用土坡构筑的声屏障(或土坡与屏障结合)、隧道式声屏障、直立式声屏障和利用对噪声不敏感的建筑构筑声屏障 5 种,其特点及效果见表 1。

表 1 几种道路声屏障降噪技术比较

| 种类              | 特 点                                                      | 适用范围                                | 降噪效果                                 | 优 点                                                                 | 缺 点                                       | 典型实例                                   |
|-----------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| 顶部弯曲的声屏障        | 顶部折板式、悬臂式或半封闭式声屏障,高 3~7 m。多采用钢化透明玻璃折板,吸声、隔声板,木屑混凝土吸声板等材料 | 适用于道路、高架路、轨道两侧建筑物、人群稀疏,难以提高声屏障高度的环境 | 噪声衰减 5~15 dB(A),半封闭结构噪声衰减可达 22 dB(A) | 阻止直达声的传播,隔离透射声,明显衰减绕射、衍射声,在受声点侧形成声影区,降低受声点处噪声强度。对路桥两侧低层建筑及小尺寸声源效果明显 | 对 6~10 层以上建筑、及大尺寸声源效果较差。需充分考虑城市景观的协调性和安全性 | 广州江湾大桥南引桥东匝道隔声屏障,插入损失 58 dB(A)         |
| 利用土坡构筑的声屏障      | 利用城市天然绿化土坡,或土坡与结构性声屏障结合                                  | 适用于道路两侧地形较高的环境                      | 噪声衰减 1~10 dB(A)                      | 充分利用自然地势,利于城市景观协调、美化环境,降低成本                                         |                                           | 深圳福田红树林保护区土坡与屏障结合的声屏障,噪声衰减 10~15 dB(A) |
| 隧道式声屏障          | 全封闭式声屏障,材料采用强化玻璃纤维混凝土、透明板块或吸隔声的声盾板。高 3~6 m               | 适用于高架路、轨道两侧高度敏感建筑群密集的环境             | 噪声衰减 10~20 dB(A)                     | 降噪效果明显                                                              | 易造成视觉污染,破坏城市景观协调,且造价昂贵                    | 广州东濠涌高架路隧道声屏障,噪声衰减 15~20 dB(A)         |
| 直立式声屏障          | 高 2~5 m,主要选用吸声混凝土、透明板、微穿孔吸声板、篱笆墙等材料                      | 适用于公路、高架路两侧低层建筑物、人群稀疏的环境            | 噪声衰减 3~15 dB(A)                      | 对 5 层以下建筑物具有一定的降噪效果,可结合城市绿化美化环境                                     | 对高层建筑物降噪效果差                               | 广州市东濠涌高架路轻质塑料板隔声屏,噪声衰减 5~8 dB(A)       |
| 利用对噪声不敏感建筑构筑声屏障 | 利用建筑物平台,商场、停车场临街建筑阻隔噪声                                   | 在城市土地使用功能规划时加以考虑,对现有建筑物可适当调整使用功能布局  | 噪声衰减 1~14 dB(A)                      | 防患于未然,避免事后重复建设的浪费                                                   | 对现有路桥难于操作                                 | 香港葵芳村第 4 期,利用商场构筑声屏障,噪声衰减 4~14 dB(A)   |

1.2 临街建筑噪声防护技术

环境噪声通过外墙传入室内,外墙墙体的隔声量通常是足够的,但外墙的门和窗是薄弱环节。采用

隔声量较好的门窗,是临街建筑噪声防护的重要措施。在大多情况下,窗兼有通风换气的功能,通风隔声窗也是一种有效的防护措施。此外,亦可在临街建筑的外部结构采取措施提高室内声环境质量,如在

住宅临街一侧设置封闭阳台、外廊等。

通风隔声窗是国内近年新开发的环保产品，以其降噪效果明显、造型简洁美观、并能改善生活、工作环境的优点逐步应用于城市道路（轨道）两侧临街敏感民用建筑。目前，通风隔声窗在深圳、广州等城市应用较多，并逐步向北京、上海等城市推广。通风隔声窗主要有带动力的通风隔声窗（家庭无管道中央通风系统）和自然通风隔声窗两大类，其特点和实例效果列于表 2。

表 2 通风隔声窗的特点与实例效果

| 类 型  | 带动力的通风隔声窗                                                                                                                                                                                          | 自然通风隔声窗                                                                                                                           |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 特 点  | 通过一个新风消声过滤器，其它空间各安装一个隔声通风窗。当某个空间需要使用时，可开启这个空间的消声通风器（安装在隔声通风窗上），新鲜空气通过过滤系统进入室内，使空间获得标准量的新风（住宅卧室换气量为 6 次/h），该空间在消声通风器的带动下，进行空气更换，即使室外无风，也能形成空气对流，窗户的隔声和通风功能完美结合，形成一个无蚊、少尘的完善生活居住和工作空间。降噪量达 35 dB 以上。 | 是一种在自然通风状态下能降低交通噪声对室内影响的新型窗户，具有与普通窗同样的通风效果。降噪量在 25~28 dB（A）。使用后，居住在受噪声影响路段的居民将在室内热舒适环境不变的情况下，享受与不居住在路边的住户同样安静的环境。主要有平窗系列和凸窗系列两大类。 |
| 典型实例 | 广州淘金路淘金华庭距铁路最远仅 30 m，最近 13.8 m，室外噪声达 86 dB（A）。该楼盘安装了带动力的通风隔声窗，并通过进出风消声通风器的组合，形成完整的室内无管道中央通风系统。经检测，倍频程计权隔声降噪量达 37.5 dB，室内噪声降到 45 dB（A）以下。                                                           | 广州天河北穗园中学教学楼位于天河龙口东路广深铁路南侧。教学楼外 1 m 受到广深铁路和广园东路交通噪声分别达 76 dB（A）和 73 dB（A）左右。经安装自然通风隔声窗（平窗系列）后，教室内噪声昼间小于 50 dB（A）。                 |

1.3 低噪声路面噪声控制技术

随着城市快速、高速道路和有轨交通的发展，轮胎－路面噪声和轻轨噪声将会成为主要交通噪声源之一，其对沿线敏感点的影响不容忽视。

1.3.1 轮胎－路面噪声控制技术

采用低噪声路面是控制轮胎－路面噪声的有效措施。我国交通部公路科学研究所《沥青路面减噪技术研究》（1998~2000 年）项目的研究成果表明（分别在陕西宝鸡和河北京沪高速公路沧州段铺设了近 6 km 的降噪试验路段）：目前国内常用沥青路面表面层的噪声在 80~90 dB（A）；采用多孔隙结构、小粒径的沥青混凝土减噪路面，可减少噪声 3~8 dB（A）。

1.3.2 轻轨噪声控制技术

我国城市轨道交通仍不十分普遍，仅北京、天津、上海、广州等城市建设了地铁营运，深圳、武汉、南京、青岛等亦做了地铁基础工程。相对于地铁来说，城市轻轨的造价便宜些，北京、大连等城市的轻轨已投入营运。轻轨交通如建设不当亦会造成声环境污染，轻轨交通的噪声控制措施主要包括以下两个方面：

（1）应对机车车辆制造厂提出低噪声指标要求，并应采用相应的噪声控制措施，这些措施包括采用

弹性车轮和阻尼车轮。

（2）建轻轨道路中，对钢轨和道床采取隔振减噪措施。这些措施包括：采用焊接长轨代替短轨，减少轮轨撞击次数，可降低噪声 5~7 dB；采用经过打磨处理的高表面平整度钢轨减少轮轨撞击次数，可降低噪声 5~6 dB；对钢轨进行隔振和阻尼；对道床进行隔振等。

1.4 凹槽路面降噪技术

为了舒缓城市快速运输系统发展带来的交通流量猛增和交通噪声污染对两侧敏感点的影响，将快速路设计成凹槽形式不失为一种可行的途径。凹槽路段主要利用声影区效应，减小对两侧敏感点的噪声影响。然而同时，声波绕射和反射在槽内形成复杂声场，产生混响，亦会对道路两侧敏感点产生不利的噪声影响。

中科院声学研究所焦风雷等人对北京四环西路中关村科技园区凹槽路段的研究结果显示，北四环西路的凹槽地段对两侧建筑具有一定的降噪效果，低层（16 m 以下的楼层）比无凹槽时降噪 6 dB（A），16 m 高处比无凹槽时降噪 2 dB（A）。凹槽设计具有降噪效果，但建设成本大，需慎重考虑。如采用凹槽设计，可考虑采用声学材料、结构减小槽内混响影响，并

根据不同的环境,安装辅助隔声屏障,提高降噪效果。

1.5 绿化降噪技术

城市绿化不仅能美化环境,而且具有降噪净污、防风固沙、涵养水源等生态功能。根据各城市气候特征和建设特点,合理布局道路绿化,是缓解城市道路交通噪声的措施之一。

植物本身是一种多孔材料,具有一定的声吸收效应,尤其对高频噪声吸收效果较好。绿化降噪的主要机理是利用植物对声波的反射和吸收作用,减少声波的能量,达到降低噪声的目的,此外,茂密而郁闭的绿地犹如一道绿色生态屏障,使人心理产生安静的感觉。秋、冬季节,常绿阔叶树比落叶树降噪效果好,叶片多绒毛的树种比蜡质光滑的树种降噪效果好,且乔、灌、草复合结构的绿化配置较单纯林降噪效果明显(见表3)。城市道路绿化在规划设计时就须充分重视绿化的减噪效益,同时兼顾道路绿化的使用功能、景观效果等,合理配置减噪效果好、景观优美的园林绿化。

表 3 城市道路绿地减噪作用测试结果 \*

| 林带种类      | 乔木<br>纯林 | 郁闭度 0.6~0.7<br>乔木单层林 | 郁闭度>0.6<br>复层结构绿化地 |
|-----------|----------|----------------------|--------------------|
| 林带宽度(m)   | 4~100    | 10                   | 10                 |
| 插入损失dB(A) | 1.8~10.6 | 1                    | 1.5~2.2            |

\* 引自《北京城市道路交通噪声污染控制对策研究报告》, 2001 年

1.6 机动车辆噪声控制技术

机动车辆噪声控制措施主要包括:

(1)在各地全面实施机动车辆噪声限值标准。新车执行《新车加速行驶车外噪声限值及测量方法》(GB 1495-2002),在用车辆执行《汽车定值噪声限值》(GB 16170-1996)。

(2)严格控制机动车辆鸣笛、刹车和其它音响信号装置等偶发噪声。组织科技攻关,解决公共汽车刹车噪声问题,充分考虑公共汽车负荷大、刹车频繁等特点,改进刹车片材料,加强检测和维修保养。

(3)严格控制城市公共汽车的噪声,包括加速行驶整车噪声和定置噪声。达不到噪声标准的公共汽车不能投入营运。

(4)考虑到公共汽车频繁进出站、起步加速和排气噪声突出的特点,推广采用高效排气消声器,消声器消声量应不小于 30 dB。整车加速行驶噪声可降低 2 dB 左右。

(5)在公共汽车大修和保养期间,增加对有关噪声控制设备检测和维修保养的内容,包括:排气消声器、刹车机构、发动机罩、车体板件等。

(6)依靠科技进步,加快低噪声车辆开发研究工作。

2 道路交通噪声控制技术比较

城市道路交通噪声控制技术多种多样,每种控制技术都有其优势和使用限制,必须根据道路建设的特点及交通噪声对两侧敏感点的污染特征,确定选择适宜的噪声控制技术,必要时需综合采用多种技术,通过科学设计和合理规划、管理,达到理想的降噪效果。各种道路交通噪声控制技术特点、适应性及效果见表 4。

表 4 路道交通噪声污染控制技术比较

| 种类    | 特 点                               | 适用范围                                               | 降噪效果                                               | 优 点                                               | 缺 点                                                    |
|-------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 声屏障   | 声屏障是在路桥与敏感建筑物受声点之间设置的由密实材料构成的声学障板 | 适用于现有和拟建公路、城市道路、高架路、轨道等具备安装声屏障条件的路段。尤其适用于城市近郊和郊外公路 | 噪声衰减 1~22 dB (A)。采用全封闭或半封闭声屏,封闭部分噪声衰减可高达 22 dB (A) | 阻止直达声的传播,隔离透射声,对绕过屏障边缘的衍射声有明显衰减,对两侧低层建筑和小尺寸声源效果明显 | 出于城市景观协调及建筑安全考虑,声屏障高度不宜超过 6m,对 6 楼以上超出声影区的楼层及大尺寸声源效果较差 |
| 通风隔声窗 | 通风隔声窗兼隔声量好和通风换气功能                 | 适用于城市路桥两侧所有要求降噪量较高的新建或现有临街敏感建筑(住宅、学校、医院等)          | 降噪量在 25~35 dB (A)的范围                               | 兼具降噪和换气功能,可用于原窗改造,并可协调原建筑风格                       | 尘污染较大时易阻塞过滤膜,影响通风效果。造价较高                               |

续表

| 种类      | 特点                                               | 适用范围                                                     | 降噪效果                             | 优点                                         | 缺点                                 |
|---------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| 低噪声道路路面 | 利用路面的结构深度和孔隙吸收噪声,并通过路面纹理反射,减少轮胎与路面摩擦噪声           | 适用于城市所有快速、高速路桥路面                                         | 降噪量在 3~8dB(A) 的范围                | 行车平稳,噪音低,抗滑性能好,安全,易于道路养护                   | 路面造价和养护费用较高。多孔材料易出现“风沙堵孔”和冻融等问题    |
| 凹槽路面    | 将道路设计成深槽形式,利用路肩及部分上盖构筑声屏障,通过声影区效应,减小对路两侧敏感点的噪声影响 | 适用于车流量大、宽阔、人流较少的城市快速、高速道路                                | 声影区噪声衰减 2~6 dB(A)                | 能有效疏通交通,对两侧敏感建筑的低层(6m 以下的楼层)具有较好降噪效果       | 槽内声波反射产生混响对道路两侧敏感建筑高层产生不利噪声影响,且成本高 |
| 绿化降噪    | 利用植物的声吸收和反射效应,通过乔、灌、草科学配置构筑绿色声屏障                 | 适用于市郊快速、高速道路、轨道两侧较宽阔的环境,在城市中心地带可将城市绿化与各种声屏障结合构筑复合“生态声屏障” | 4~100 m 不同树种配置林带插入损失在 1~10 dB(A) | 景观优美的绿地,既能降噪减污,又能使人心理产生安静的感觉,尤其对高频噪声吸收效果较好 | 占地面积大,需足够宽度才能产生明显的降噪效果。造价和养护费用较高   |

### 3 结语

道路交通噪声的污染防治是一项系统工程,需从道路和区域规划、项目建设和交通管理以及交通噪声控制技术多方面寻找综合对策。无论是规划、管理措施还是噪声控制技术,均须结合城市建设和交通事业的发展特点,以及城市道路交通噪声污染的时空分布特征,确定适宜而行之有效的道路交通噪声污染防治措施和方法。因此,要从根本上解决城市道路交通噪声污染问题,首先必须开展道路交通噪声防治管理与对策研究,了解和掌握当地现有和新建道路交通噪声

污染及其沿途受声敏感点现状特征和发展趋势,结合国内外道路交通噪声防治先进经验,找出适宜本地区的交通噪声污染防治措施,实施统一规划、管理,统筹安排,促进城市交通事业实现可持续发展。

### 4 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2003 年中国统计年鉴. 中国统计出版社, 2003. 399~404
- [2] 国家环境保护总局. 2002 年中国环境状况公报. 见:《中国环境年鉴》编辑委员会. 中国环境年鉴. 中国环境年鉴社, 2003. 187~197

## Analysis in Traffic Noise Pollution Control Technique of Urban Roadway and Its Impact Investigation

Hu Diqin Lu Qingpu He Zhihui Li Yingwen Hong Cheng

**Abstract** Advanced traffic noise pollution control technique is introduced, including five major types such as barriers technique, low-noise surface technique, frontage building protection technique, motor vehicle noise controlling technique, planting trees to reduce noise. Analyzing the impact, peculiarities, application ranges, merits and demerits of the control techniques are mentioned. Traffic noise pollution control of urban roadway is a highly synthetic, politic, technical systems engineering. Linked to advanced traffic noise controlling experience of inland and international roadway, each city need to find out feasible prevention and treatment of traffic noise pollution, then carries out programming and management in common, based on controlling the native traffic noise pollution and its character and developing trend of sensitive point by sound.

**Key words** urban traffic noise pollution controlling technique impact analysis

## 杯芳烃及其衍生物在金属离子分析中的应用

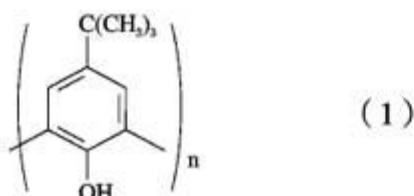
李 莉 王小波 姚素心

(四川师范大学化学学院, 成都 610066)

**摘 要** 杯芳烃以其特殊的结构和易于衍生化的特点而成为继冠醚和环糊精之后的第 3 代超分子。文章介绍了近几年杯芳烃及其衍生物在碱金属、铜系、镉系、过渡金属等离子分析中的应用。

**关键词** 杯芳烃 金属离子 分析

杯芳烃是一类对位烷基苯酚与甲醛缩合的寡聚大环化合物(1), 上世纪 40 年代 Zinke<sup>[1]</sup> 首先用对叔丁基苯酚和甲醛合成得到; 70 年代末 Gutsche 指出, 这类化合物有可能作为分子接受体或模拟酶, 从而引起人们的关注。



与冠醚、环糊精相比, 杯芳烃具有以下特点<sup>[2]</sup>: (1) 易于合成; (2) 上缘和下缘均易于选择性修饰; (3) 具有由苯环单元组成的疏水空穴; (4) 既能配合离子型客体, 又能包含中性分子(冠醚一般只能络合阳离子, 而环糊精一般只能络合中性分子); (5) 熔点高, 热稳定和化学稳定性好, 不溶于许多溶剂, 空腔大小可调节; (6) 具有多种构象异构化合物, 并且它们具有不同的物化特性等一系列特殊性质。因此杯芳烃被誉为继冠醚和环糊精之后的第 3 代主体分子。杯芳烃衍生物对金属离子有其独特的选择性识别功能, 本文将对近年来杯芳烃衍生物在金属离子分析中的应用作一介绍。

### 1 对碱金属的识别

杯芳烃对金属离子具有配位识别能力, 尤其是杯冠醚对碱金属离子具有非常高的选择识别能力。胡旭波, 钟振林等<sup>[3]</sup> 发现多种因素可影响杯芳全氧冠醚对碱金属离子的配位识别能力。首先是冠醚单

元链节的多少, 随着冠醚单元链节的增加, 杯[4]芳冠醚依离子半径大小选择地与碱金属离子配位, 如杯[4]冠-4、杯[4]冠-5 和杯[4]冠-6 分别对  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  和  $\text{Cs}^+$  有较大的选择性; 其次是杯芳烃单元的构象, 对不同的碱金属离子, 不同的构象异构体具有不同的配位和识别性能, 例如, 1,3-二乙氧基杯[4]冠-5 对碱金属离子的配位能力依顺为部分杯式 > 1,3-交替 > 杯式, 其中部分杯式冠醚对  $\text{K}^+$  显示出极高的选择性; 另外, 杯芳冠醚环上的其他取代基也对上述选择性产生重要影响。Asfari 等<sup>[4]</sup> 发现冠醚环中含有萘基的杯[4]-双-冠-6 对  $\text{Cs}^+/\text{Na}^+$  高达 45 000 的选择性, 而 1,3-二乙氧基杯[4]冠-4 对  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  高达 5.3~105.0。Takahashi 等<sup>[5]</sup> 设计的杯冠醚具有  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  传感性质, 利用吸收光谱或电化学可识别  $\text{Na}^+$ 。

Ni jenhues 等<sup>[6]</sup> 在研究杯芳冠醚为离子载体的支撑液膜对金属离子的传输性能中, 推导出杯芳烃选择传输阳离子的数学模型。认为传输选择性不仅与配合物的萃取系数有关, 而且与它的扩展系数及水溶液中盐的浓度有关。这对优化膜传输条件, 有一定指导作用。

杯芳烃可作为分子识别活性探针的一种理想骨架, 探针基团与杯芳烃的结合具有预先组织的客体键位, 这种新型的受刺激响应主体体系已受到人们的重视。Dabestani 等<sup>[7]</sup> 设计的超分子荧光探针, 碱性条件下, 加入  $\text{K}^+$  导致荧光增强, 加入  $\text{Cs}^+$  则无变化; 酸性条件下, 加入  $\text{Cs}^+$  则荧光增强, 加入  $\text{K}^+$  则没变化。这显示出一种光诱导电子转移机理。Kim 等<sup>[8]</sup> 发

现几种 1,3- 交替的杯[4]二苯冠醚对  $\text{Cs}^+$  具有选择性离子探针功能。

硝基经还原、重氮化、偶联等反应可将偶氮基等生色基团导入杯芳烃上沿,产生一类具有色变功能的杯芳烃受体。偶氮酚、吡啶酚、硝基苯偶氮酚等功能团已被成功地引入杯芳烃母体中,并显示出对  $\text{Cs}^+$  等碱金属、碱土金属、甚至直链胺具有良好的显色行为。Toth 等<sup>[9]</sup>将杯[4]芳烃的偶氮间二硝基苯衍生物制成  $\text{Na}^+$  选择光学膜,以 NPOE 为膜溶剂,加入亲脂电中性质子载体,测定  $\text{Na}^+$  具有良好的线性范围 ( $10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ )。

## 2 对铜系、镧系元素的识别

X- 射线分析表明,铀酰离子 ( $\text{UO}_2^{2+}$ ) 的络合物倾向于五或六配位的几何构型,杯[5]及杯[6]芳烃正好提供这种构架。对磺酸基杯[6]芳烃可选择地络合海水中  $\text{UO}_2^{2+}$ <sup>[9]</sup>。杜慧芳等<sup>[10]</sup>研究了对叔丁基杯[4]芳烃乙酸对铀酰离子的萃取,发现配合比为 1:1,铀(VI)的萃取率随着水相 pH 上升而提高,在 pH 4.2 后几乎维持一恒定值。袁立华等<sup>[11]</sup>用 UV 光谱研究具有二氯代酞亚胺的生色杯[4]芳烃对碱金属、碱土金属、过渡金属和铀酰离子的络合行为,发现具四个生色取代基的杯[4]芳烃对铀酰离子和铜离子表现出高选择性,同时伴随可见吸收区完全消失,这一络合色变现象有可能用于分析化学。

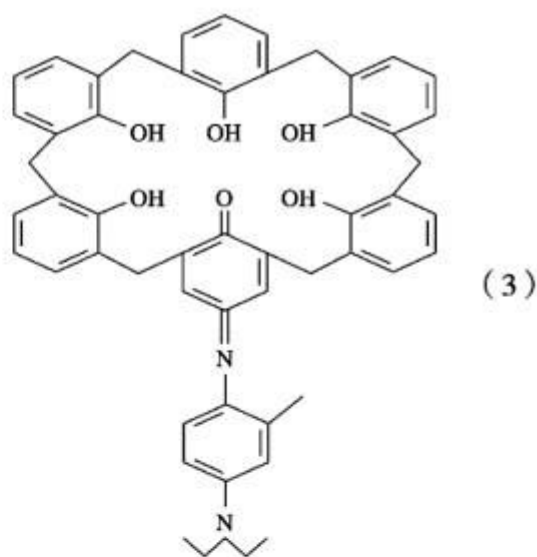
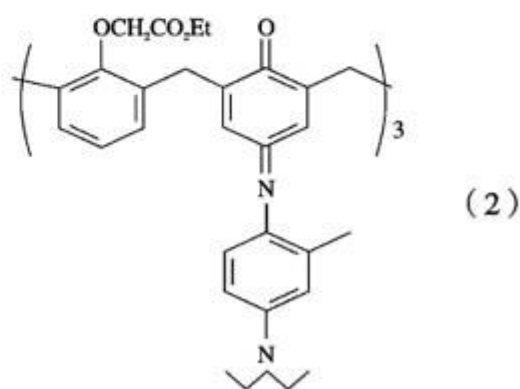
对磺酸钠杯[4]芳烃虽不带显色基团,但与铈(III)作用能生成红棕色络合物 ( $\epsilon = 109 \times 10^4 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$ ),由于其它稀土元素不进行显色反应,它能成为铈(III)的特效显色试剂<sup>[12]</sup>。杯[4]芳烃的乙酰胺衍生物,特别是加上敏化基团(如联苯酰羰基,苯酰甲基)后,能将镧系元素 ( $\text{Eu}(\text{III})$ ,  $\text{Tb}(\text{III})$ ) 裹包起来,以屏蔽溶剂分子,并能把芳香基及敏化基的激发能转移给镧系离子,从而增加了镧系离子的荧光效率,延长了它们的荧光寿命,在荧光探针及荧光标记方面很有应用潜力<sup>[13]</sup>。Rudkevich 等<sup>[14]</sup>发现含有不同个数羧酸和羧酸酰胺结构的杯[4]衍生物与  $\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Tb}^{3+}$  形成中性络合物并在甲醇介质中具有增强荧光、扩展荧光寿命的功效。

杯[8]芳烃在碱性条件下,可与镧系元素生成可溶于有机溶剂的络合物,从而可萃取纯化这类物质。

## 3 对其它金属元素的识别

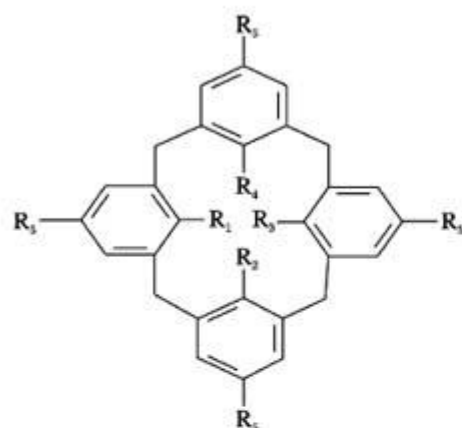
功能化杯芳烃作为金属离子的配体可为过渡金属提供特殊的配位环境,从而可开拓一些新的仿酶模型化合物。

在苯酚单元上引入偶氮基团的生色酯型杯[4]冠醚通过光谱方法对  $\text{Ca}^{2+}$  有较好的选择识别。1,3-双(吡啶苯胺)-杯[4]芳烃衍生物(2)与  $\text{Ca}^{2+}$  结合使吸收波长的变化大于 100 nm,显色载体(3)与  $\text{UO}_2^{2+}$  络合引起吸收波长变化,用作光导传感器测定  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{UO}_2^{2+}$ <sup>[15,16]</sup>。



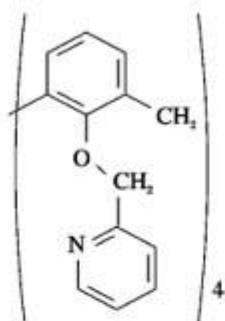
硫杂杯[4]冠醚、氮硫杂杯[4]冠醚成功用于表面等离子体共振光谱化学传感中,可选择性检测银离子,检出限为  $10^{-7} \text{ mol/L}$ 。含 N、S、P 等给电子功能基团的杯芳烃衍生物对过渡金属离子有较好的选择性和灵敏度。O'Connor 等<sup>[17]</sup>以 4 种亲脂性含 S、N 原子的杯芳烃作为  $\text{Ag}^+$ -PVC 电极的载体,只有(4)具有很高的响应 ( $50 \text{ mV/pAg}$ ) 和选择比。1,3-交替结构含 S、N 的杯[4]芳烃化合物(5)、(6)分别对  $\text{Cd}^{2+}$  和  $\text{Pb}^{2+}$  有好的选择性和响应<sup>[18]</sup>。

韩宝航等<sup>[19]</sup>用  $\alpha$ -吡啶甲基修饰杯[4]芳烃得到



| $R_1$                                                         | $R_2$                                                    | $R_3$   | $R_4$   | $R_5$ |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|---------|-------|
| (4) $\text{OCH}_2\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SMe}$ | 同 $R_1$                                                  | 同 $R_1$ | 同 $R_1$ | t-Bu  |
| (5) $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$                      | $\text{OCH}_2\text{C}(\text{S})\text{N}(\text{CH}_3)_2$  | 同 $R_1$ | 同 $R_2$ | H     |
| (6) $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$                      | $\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OR})\text{CH}_2(\text{OR})$ | 同 $R_1$ | 同 $R_2$ | H     |

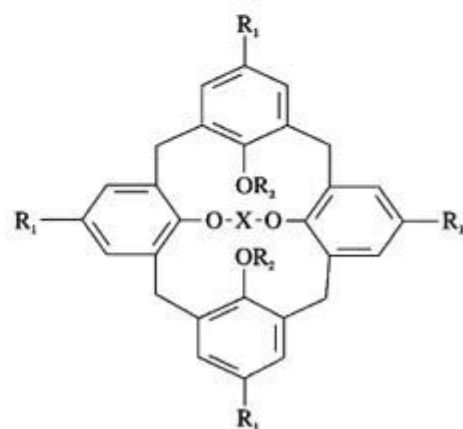
(7), 再利用苦味酸根离子作为配对离子, 实验表明银离子与载体(7)形成的配合物很稳定, 且有很高的传质能力。陈郎星等<sup>[20]</sup>将 4 类含硫、硒、氮等杂原子基团[如硫(硒)醚、苯并塞挫、吡啶、羟基硫醚]取代的杯[4]芳烃衍生物作为中性载体, 对  $\text{H}_2\text{O}-\text{CHCl}_3$ -苦味酸体系萃取银和  $\text{H}_2\text{O}-\text{CHCl}_3-\text{H}_2\text{O}$  液膜体系中传输银作了研究。结果表明, 将金属离子从水相转移到有机相, 取决于载体的亲脂性、取代基团上的配位原子类型。金属离子与载体的配位符合软硬酸碱理论, 即软碱 S, Se, N 杂原子基团杯[4]芳烃衍生物对软重金属离子  $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$  有高的选择性。含吡啶的杯[4]芳烃衍生物对  $\text{Pb}^{2+}$  有一定的选择性。



(7)

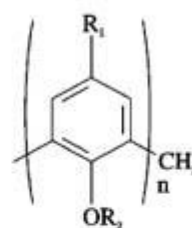
Malinowska 用(8)、(9)杯芳烃为载体制备了  $\text{Pb}^{2+}$ -PVC 电极, 电极性能与商品化的固态铅电极相比, 对  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$  等选择性远优于后者。

Nagasaki 和 Shinkai<sup>[21]</sup>曾合成了一系列下沿修饰的杯[4]芳烃(I A, I B, I C)和杯[6]芳烃(II A, II B, II C), 并分别在 pH 2.2 及 5.4 研究了它们将过渡金属离子从水相萃取到有机相的过程。结果发现, 在 pH 5.4, I A、II A 对  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  均表现出良好的选择性, 尤其是 II A 即使是在 pH 2.2 也表现出对  $\text{Fe}^{3+}$  不同寻常的高效萃取能力, I B、II B 对  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Pd}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  亦有良好的选择性, 但只有  $\text{Fe}^{3+}$  在 pH 2.2 时



| $R_1$    | $R_2$                  | X                                                   |
|----------|------------------------|-----------------------------------------------------|
| (8) t-Bu | $\text{C}_2\text{H}_5$ | $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3(\text{CH}_2)_2$ |
| (9) H    | iPr                    | $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3(\text{CH}_2)_2$ |

仍被非常有效地萃取, 且 II B 的萃取能力大于 I B (式中  $R_1$  均为  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ; I,  $n=4$ ; II,  $n=6$ )。

 $R_2$ 

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| I A | $\text{CH}_2\text{COOH}$                            |
| I B | $\text{CH}_2\text{CONHO}$                           |
| I C | $\text{CH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_2\text{NMe}_2$ |

 $R_2$ 

|      |                                                     |
|------|-----------------------------------------------------|
| II A | $\text{CH}_2\text{COOH}$                            |
| II B | $\text{CH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_2\text{NMe}_2$ |
| II C | $\text{CH}_2\text{CONHOH}$                          |

黄章杰等<sup>[22]</sup>合成出杯芳烃氨基喹啉偶氮试剂, 发现该试剂与金的显色反应有高灵敏和良好的选择性, 建立了一种水相直接测金的新方法; 而新试剂 5-磺酸[杯(4)芳烃偶氮]氨基喹啉<sup>[23]</sup>在 pH>12 的碱性介质中, 在 Tritonx-100 存在下, 与钴发生显色反

应,生成 1:1 稳定络合物,  $\lambda_{\text{max}}=650 \text{ nm}$ ,  $\varepsilon=4.80 \times 10^4 \text{ L} / (\text{mol} \cdot \text{cm})$ , 钴含量在 0~1 200  $\mu\text{g/L}$  范围符合比耳定律,方法用于矿样中钴的测定,结果令人满意。

#### 4 参考文献

- [1] 胡昌明,卿凤翎,申存涛.杯芳烃.化学通报,1993,(2):17~25
- [2] 胡旭波,钟振林,卢雪然,等.杯芳冠醚研究进展.化学通报,1997,(4):18~25
- [3] Asfari Z, Wenger S, Vicens. Calixcrowns and related molecules. Pure Appl. Chem., 1995, 67:1037
- [4] Takahashi K, Gunji A, Guillaumont D, et al. Through-space excitation coupling and multimodal  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  sensing properties of calix [4] arene-crowns with the thienylene analog of paraterphoquinone as chromophore. Angew. Chem. Int. Ed., 2000, 39:2925
- [5] Ni jenhuis W F, Buitenhuis E G, De Jong F, et al. Calixcrowns as selective potassium cation carriers in supported liquid membranes. Am. Chem. Soc., 1991, 113:7963
- [6] Ji H F, Dabestani R, Brown G M. A new highly selective calix [4] crown-6 fluorescent cesium probe. Am. Chem. Soc., 2000, 122:9306
- [7] Kim J S, Ohki A, Ueki R, et al. Cesium-ion selective electrodes based on calix [4] arene dibenzocrown ethers. Talanta., 1999, 48:705~710
- [8] Toth K, Lan B T T, Jeney J, et al. Chromogenic calix [4] arene as conophore for potentiometric and optical sensors. Talanta., 1994, 41:1041
- [9] Shinkia S, Koreishi H, Ueda K. Molecular design of calixarene-based uranophiles which exhibit remarkably high stability and selectivity. Am. Chem. Soc., 1987, 109:6371
- [10] 杜慧芳,林默颖,张安有.对叔丁基杯[4]芳烃乙酸对铀(VI)的萃取研究.核技术,1999,22(1):32~36
- [11] 袁立华,黄枢,冯文,等.脘酚型生色杯[4]芳烃及其与金属离子络合的紫外-可见光谱研究.合成化学,1995,3(3):197~202
- [12] 林琳,吴采樱.杯芳烃衍生物在分析化学中的应用.分析化学,1997,25(7):850~856
- [13] Alpha B, Lehn J M, Mathis. Energy-transfer luminescence of europium(III) and terbium(III) with macrobicyclic polypyridine ligands. Angew. Chem., 1987, 99:259
- [14] Rudkevich D M, Verboom W, Van der Tol E, et al. Calix [4] arene-triacids as receptors for lanthanides; synthesis and luminescence of neutral  $\text{Eu}^{3+}$  and  $\text{Tb}^{3+}$  complexes. Chem. Soc., Perkin Trans, 1995, (2):131~134
- [15] Kubo Y, Hamaguchi S I, Niimi A, et al. Synthesis of a 1,3-bis(indoaniline)-derived calix [4] arene as an optical sensor for calcium ion. Chem. Soc., Chem. Commun., 1993, (3):305~307
- [16] 陈朗明,徐华,李一峻,等.杯芳烃化学传感器的研究进展.分析化学,2000,28(2):232~239
- [17] O'Connor K M, Svehla G, Harris S J, et al. Calixarene-based potentiometric ion-selective electrodes for silver. Anal. Proc., 1993, 30:137~139
- [18] Lugtenberg R J W, Egberink R J M, Reinhoudt D N. Polysiloxane based CHEMFETs for the detection of heavy metal ions. Chem. Soc., Perkin Trans, 1997, (7):1353~1357
- [19] 韩宝航,刘育,等.杯芳烃吡啶衍生物作为液膜载体对金属离子的选择传质.化学通报,2000,(10):41~43
- [20] 陈朗星,张佳,等.杯芳烃衍生物液-液萃取和液膜传输银的对比研究及机理探讨.化学学报,2003,61(1):104~109
- [21] Nagasaki T, Shinkai S. Solvent extraction of transition metal cations by calixarene-based cyclic ligands. Bull. Chem. Soc. Jpn., 1992, 65:471~475
- [22] 黄章杰,胡秋芬,等.新显色剂-[杯(4)芳烃偶氮]氨基喹啉的合成及其与金的显色反应.分析实验室,2003,22(1):75~77
- [23] 黄章杰,胡秋芬,尹家元,等.钴与 5-磺酸[杯(4)芳烃偶氮]氨基喹啉显色反应的研究及应用.干旱环境监测,2002,16(1):1~3

## Application of Calixarene and Its Derivatives in Metal Ions Analysis

Li Li Wang Xiaobo Yao Shuxin

**Abstract** As the third super molecule after crown ether and cyclodextrin, calixarene has the characters of special structure and easy derivation. This paper introduces the application of calixarene and its derivatives in the analysis of alkali metal, actinide-lanthanide element, transition-metal and other metal ions.

**Key words** calixarene metal ions analysis

# 卫星遥感技术在环境监测和管理中的应用期望

黄有泉 崔 侠

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510620)

**摘 要** 简介了遥感技术的发展过程和发展趋势,以及这一新技术在海洋、森林、土地资源与城市环境监测等方面的应用,以说明卫星遥感在环境监测与管理中所起的作用。采用先进的卫星遥感技术可以帮助我们突破传统污染监测方法的局限,提高环境保护和污染监控能力,为保护生态环境的平衡、提高环境质量作出贡献。

**关键词** 遥感 环境监测 环境管理

## 1 遥感的发展现状和趋势

遥感 (Remote Sensing) 是一种远离目标,通过非直接接触而判定、测量并分析目标性质的技术。自上世纪初莱特兄弟发明人类历史上第一架飞机起,航空遥感就开始了它在军事上的应用。此后,航空遥感在地质、工程建设、地图制图、农业土地调查等方面得到了广泛的应用。多光谱摄影技术是航空遥感的重要发展,从 20 世纪 60 年代最早采用的多像机型传感器多光谱摄影,到稍后的多镜头型传感器多光谱图像获取,人们把多光谱特征用到了地形、地物判别上<sup>[1]</sup>。

我国在上个世纪 70~80 年代已相继采用遥感技术进行了地质、海洋、城市环境质量研究。1986 年广州市政府也曾利用遥感技术开展航空遥感综合调查,多个专业部门如国土、规划、市政、园林、环保、地震等均取得非常有实用价值的成果,其中环境监测方面,刘攸弘、颜丽英、吴秀香等人取得了环境大气对植被污染、珠江广州河段水污染状况、固体废弃物污染调查等航空遥感环境监测成果。然而航空遥感技术因其需要特定的飞行条件和技术设备,难以专门经常飞行使用,也就无法得到及时的、动态的遥感信息,而失去广泛普及的实用价值。

卫星遥感把遥感技术推向了全面发展和广泛应用的崭新阶段,从 1972 年第一颗地球资源卫星发射升空以来。美国、法国、俄罗斯、日本、印度、中国等国都相继发射了众多对地观测卫星。现在,卫星遥感的多传感器技术,已能全面覆盖大气窗口的所有部分。

随着传感器技术、航空航天技术和数据通讯技术的不断发展,现代遥感技术已经进入一个能动态、快速、多平台、多时相、高分辨率地提供对地观测数据的新阶段。光学传感器的发展进一步体现为高光谱分辨率和高空间分辨率特点,高空间分辨率已达纳米级,波段数已达数十甚至数百个。微波遥感的发展进一步体现为多极化技术、多波段技术和多工作模式。

为协调时间分辨率和空间分辨率这对矛盾,小卫星群计划将成为现代遥感的另一发展趋势,机载和车载遥感平台,以及超低空无人机载平台等多平台的遥感技术与卫星遥感相结合,将使遥感应用呈现出一派五彩缤纷的景象。

## 2 遥感在环境监测上的应用现状

### 2.1 卫星遥感用于监测海洋石油污染和赤潮

在海洋的所有污染中,危害最大的当属石油污染和赤潮。我国有 18 000 km 的海洋岸线和 14 000 km 的岛屿岸线,对于如此广袤的海洋领域,用常规的海监船和海监飞机只能对重点海域进行污染监测,由于能力所限,难免发生遗漏。因而,科学家们尝试使用气象卫星、资源卫星等卫星资料和常规调查相结合的方法对海洋石油污染的监测进行了研究。

美国用于整个业务气象卫星遥感系统的费用为每年 6 000 万美元,而由于台风监测成功减少的损失就达 20 多亿美元。此外,对空间规模宏大和时间变化迅速的厄尔尼诺效应、黑潮、赤潮、墨西哥湾流、

全球植被指数等的监测也取得了很好的效果<sup>[9]</sup>。由此可见,应用卫星遥感技术监测海洋石油污染和赤潮,可以发挥其大范围、实时、同步和连续监测的特点,以最小的投资,发挥最大的作用,为保护海洋环境提供依据,增强执法力度。

## 2.2 卫星遥感用于监测森林火灾

火灾是森林灾害之首,严重危害着生态平衡。我国平均每年发生森林火灾 15 800 多起,过火面积近 90 万  $\text{hm}^2$ ,占全国森林总覆盖面积的 0.8%,给国家造成了巨大的损失。因而,防止森林火灾、减少林火损失是保护森林资源的当务之急。

将卫星遥感、地理信息系统和全球定位系统等新技术相结合,可以根据气候、可燃物积累和含水量、林木组成等预测火灾可能发生的地区、时段和火灾等级,以采取防范措施;在火灾发生时,可监测其过程和发展趋势,为及时消灭火灾提供第一手资料;在灾后,可以迅速查明损失,同时对生态环境的变化进行监测评价。

## 2.3 卫星遥感用于城市大气环境监测

热岛效应是城市中特有的一种区域大气现象,高强度城市热岛的出现,是环境恶化的直接表现。不同时相的气象卫星资料表明,广州市热岛效应最强的季节是冬季,其次是秋季,其城市热岛构成以荔湾区为中心的格局,即老城区为一个热岛。广州市环科所对广州城市热环境的遥感研究表明,广州市的热岛效应有明显增强的趋势,不仅热岛范围有十分明显的增加,而且热岛效应的强度亦显著增强。

从冬季的陆地卫星影像上看,整个广州市上空都笼罩着一层烟雾,在城区外围还散布着一些点状烟尘污染。在城区内部以高架源污染为主,烟尘主要由居民生活、餐饮服务及机动车排放的废气组成;广州市东部地区,则以高架源为主,是由一些大的高耗能企业如热电厂、石油化工厂等排放的烟尘所致。

通过卫星遥感可以判断不同季节城市大气环境影响的范围与程度,这对于研究珠江三角洲城市群之间相互影响程度应采取的区域防治对策是一个非常方便的省时间、省经费的手段。

## 2.4 卫星遥感用于水环境监测

台湾为了研究基隆河水质受到流域环境背景和人类活动的影响,运用 TM 影像和 SPOT 像,在地图

资料、统计资料以及实例资料的基础上,结合遥感和 GIS 技术,对基隆河水质及其与环境背景和城市污染的关系作了分析。根据遥感影像灰度值与水体反射率和水中悬浮物含量之间的相互关系,运用 SPOT 影像和实例数据将基隆河悬浮固体含量分为 4 级。并进行了基于 GIS 专题信息的基隆河流域环境遥感制图,通过水体悬浮物浓度等级与环境背景、排污口的比较,通过计算各等级水体与各种环境背景相邻的边界长度,得出基隆河悬浮物含量主要受环境背景和城市排污的影响。因此根据卫星遥感图像中所显示的水体色度差异,通过信息解读处理,就可以判断水质污染情况。在这一方面,广州地理研究所已取得了珠江三角洲河网区氮、磷环境容量研究的成果。

## 2.5 卫星遥感用于土地资源监测

美国应用遥感与 GIS 技术对密西西比河流域地区土地资源、岸线资源、农用地资源、海岸带滩涂资源等进行调查与动态监测。遥感作为一种高效的信息采集手段,为 GIS 提供了信息源和数据更新手段,而 GIS 提供一系列基本数据库,补偿了卫星数据的不足,并增强信息处理和分析能力,提高遥感数据的分类精度。系统利用 TM 和 SPOT 遥感影像数据以及地图资料,对流域的地形、岩性、土壤类型、气候条件、植被类型、城市布局、两岸工厂和排污口分布等多种因素进行分析;根据流域的数字高程模型 (DEM) 可以计算出流域的坡度、坡向、坡长等地形参数,再根据地理信息系统的气候、土壤等数据,根据环境模型可以计算出流域的水质变化,进而可判断出密西西比河的水质受流域自然环境背景和人工排污量影响的程度<sup>[9]</sup>。在这方面近年我省科学院系统已完成遥感技术在珠江口整治规划中的应用、沿海围垦遥感普查、珠江三角洲的城市扩张与农田流失等研究课题。

## 3 遥感在环境管理中的应用展望

遥感技术在环境领域广泛的应用,可对城市多源环境信息进行统一管理、分析,实现空间信息与属性信息的集成综合管理,进行定量化的研究工作。预计遥感将应用在城市环境管理工作的以下几个方面。

### 3.1 与环境模型的融合

在大气环境中,已用于城市热岛效应、地表温度变化、气溶胶厚度定量计算等研究,如利用气象卫星

提取温度分布,为大气环境模型提供初始温度场。随着 RS 技术的发展,特别是高光谱、超光谱及 RS 信息处理技术的进一步发展,将有可能为大气环境污染提供更多的信息。GIS、RS 和大气环境模型三者的结合,将更好的为大气环境研究服务<sup>[9]</sup>。

### 3.2 与 GIS、GPS、ES 的融合

RS 和 MS(环境模型)将与 GIS、GPS、ES(专家系统)在 INTERNET/INTRANET 上集成起来,并在有关部门数据库的支持下,与实时监测数据有机、实时的结合,建立环境决策支持系统(EDSS)。这种环境决策支持系统框架可以说是 GIS、GPS、ES、RS 与环境模型结合的理想模式,在这种结合模式中,RS 为环境模型提供可靠、准确、快速的数据源,ES 为环境模型提供丰富的知识库,GPS 为环境模型提供空间定位,而 GIS 除了模型数据的输入输出外,还为系统各部门的有机结合提供方便的环境<sup>[9]</sup>。

遥感技术将帮助人们突破传统污染监测方法的局限,提高环境保护和污染监测能力,为保护生态环境的平衡、提高人们生存环境的质量作出贡献。遥感技术也会因其强大的功能而在环境领域将得到了广泛应用,遥感技术应用于城市环境管理领域,必将极大地促进城市环境管理工作地发展,提高管理工作的集成化、自动化、智能化程度,实现环境保护和综合治理。

现代遥感信息的获取与应用已非常方便。这些资料不仅在空间范围上可以完全满足环境监测与管理应用的要求,而且在时间尺度上也特别适用于开展环境管理、环境预测和环境规划的需要;另一方面,广州地区早已具备了遥感环境监测分析的条件,如地理研究所、地化所、中山大学地学院都有这些设备,能够很方便地把其中环保需要的信息分析出来。这就是说只要按照设定的遥感环境研究项目,如大

气环境污染、水环境污染、生态环境、环境质量预测、环境规划等课题,去取得相关的卫星遥感信息,运用广州地区已有的设备及各种分析手段,加上环保系统强有力的环境监测技术力量与广泛的资料,完成这方面的研究是不成问题的。但是,很遗憾的是自 1990 年广州市环境监测中心站取得了多项航空遥感在环境监测方面的应用之后,再未见这种现代化先进技术在环保方面的应用。

我国最近(2004 年 4 月 18 日)发射的一箭双星中的实验卫星一号,是仅重 204 kg 的传输型立体测绘小卫星,主要用于国土资源测绘、地理环境监测和测图科学试验。这一重大成就为全国各地开展卫星遥感技术在环境监测和管理应用提供了最有利的、最实用的使用平台。作为我国最具经济实力的现代化城市之一的广州市,正申办 2010 年亚运会的重大国际活动,提出举办绿色亚运的口号。我们认为应尽早、尽快充分利用这种现代先进科学技术,开展卫星遥感——珠江三角洲环境综合监测调查分析与区域发展对策等研究课题,为广东及广州市的生态环境保护及可持续发展服务。

### 4 参考文献

- [1] 李德仁. 空间信息学及其应用——RS、GPS、GIS 及其应用. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998
- [2] 崔侠,同志刚. 3S 技术在环境信息中的应用. 广州环境科学,2001,16(4):37~41
- [3] 崔侠,孙群,俞开衡. 国外“环境保护信息系统”现状与进展. 环境科学与技术,2003,26(增刊):47~51
- [4] 李本刚,陶澎. 地理信息系统在环境模型研究中的应用. 环境科学,1998,19(3):87~90
- [5] 崔侠,俞开衡,陈戈. 用现代计算机技术建立广州市环境动态监控和预测决策系统. 广州环境科学,1999,14(4):25~28

## Expectation of RS Application in Environmental Monitoring and Management

Huang Youquan Cui Xia

**Abstract** This paper shows the function of RS in environmental monitoring and management through its developmental process and trend along with its application in ocean, forest, land, environmental monitoring. It is a potent means to improve environmental protection and pollution monitoring ability for environment protection and advancing environment quality.

**Key words** remote sensing(RS) environmental monitoring environmental management

## 潭江流域水资源开发与饮用水源地保护探讨

陈志良 王成刚 廖 华 罗 军

(江门市环境保护局, 广东 江门 529000)

**摘 要** 目前潭江流域面临着经济发展对资源需求增加与水质下降双重胁迫, 流域饮用水源地优先保护与水资源持续利用已成为潭江流域开发研究的重要内容, 通过对潭江流域水资源利用现状、特点与存在问题的分析, 提出了相应水资源持续利用与饮用水源地保护的对策与措施。

**关键词** 水资源 饮用水源地 潭江流域

随着工业化与城市化的发展, 人口不断向城市聚集, 水资源的需求总量与质量不断提高, 城市资源性缺水日益严重, 同时, 由于工业废水、生活污水和禽畜养殖污水大量排入水体, 导致城市周围水体利用功能下降, 使饮用水资源日渐成为一种稀缺性资源。流域水资源的开发利用与饮用水源地保护已成为流域经济社会可持续发展及总体规划优先考虑的问题<sup>[1-5]</sup>。

### 1 潭江流域概况

#### 1.1 流域自然概况

潭江发源于广东省阳江市阳东县牛围岭, 自西向东经江门市的恩平、开平、台山、新会 4 市、区, 在新会双水镇附近折向南流, 经银洲湖出崖门口注入黄茅海。干流全长 248 km, 流域面积 6 026 km<sup>2</sup>, 其中江门市境内干流全长约 210 km, 境内流域面积 5 769 km<sup>2</sup>, 分别占潭江干流全长的 86.8% 和总流域面积的 95.7%, 境内流域面积占江门市总面积的 60.6%。

潭江流域水资源丰富。地表径流量丰富, 年均径流总量 69.66 亿 m<sup>3</sup>, 平均比降 0.45‰, 潭江干流从开平市蚬冈镇以下为感潮河段, 受南海潮汐的影响, 为混合型不规则半日潮。从开平三埠到崖门口干流一般水深 5~7 m, 枯水期最小水深亦达 2 m, 是较好的航道。地下径流主要是浅层地下水, 流域多年平均浅层地下水径流补给深约 150~220 mm, 补给水量 9.04~13.26 亿 m<sup>3</sup>。潭江水系除潭江干流外, 集水面积

超过 100 km<sup>2</sup> 的一级支流 10 条, 二级支流 6 条, 三级支流 2 条, 潭江下游通过江门水道与西江联通 (见图 1)。



× 水质监测断面

图 1 潭江流域水系及水质监测图

#### 1.2 流域社会经济发展情况

根据 2002 年统计年鉴: 2001 年潭江流域国内生产总值达 495.87 亿元, 占江门市全年国内生产总值 (623.59 亿元) 的 79.52%; 人均国内生产总值为 17 928 元。第一产业、第二产业、第三产业等的增加值分别占全市第一、二、三产业增加值的 66.26%、78.78%、84.05%。

在新的区域开发与工业发展形势下, 流域工农业得到了迅速发展, 总体经济实力进一步加强。2001 年, 潭江流域工农业总产值达到 1 244.24 亿元 (按当

年价统计,下同),占江门市工农业总产值(1 433.05 亿元)的 86.82%,其中潭江流域工业总产值为 1 179.97 亿元,占全市工业总产值的 90.80%;潭江流域农业总产值为 64.27 亿元,占全市农业总产值的 47.06%。财政收入取得了显著成绩。2001 年,潭江流域财政收入达到 21.63 亿元,占全市财政收入 86.52%。

## 2 潭流域水资源利用现状与存在问题

### 2.1 水资源利用现状

2001 年流域实际用水量约 21.97 亿 m<sup>3</sup>,其中工业用水 5.32 亿 m<sup>3</sup>,占 24.2%;农业用水 14.3 亿 m<sup>3</sup>,占 65.1%;生活用水 1.93 亿 m<sup>3</sup>,占 8.8%(其中,城镇居民用水 0.99 亿 m<sup>3</sup>,占 45%;农村居民用水 0.94 亿 m<sup>3</sup>,占 4.3%);说明农业与工业用水仍然是流域的用水大户。

与 1996 年用水情况相比较,流域年用水总量略有增长;其中,工业用水量增长了 58.4%,在用水总量中所占比例提高了 8.8 个百分点,在各项用水中其增长幅度为最大;生活用水及城镇公共用水量增长了 43.2%,也呈现出较快的增长幅度;农田灌溉用水量减少了 18%,主要原因可能与灌溉面积减少及灌溉方式改进等因素有关。虽然流域年用水总量增幅较低,但由于工业及生活用水量增长较大,势必提高对流域水体的总体水质要求。

### 2.2 流域水资源需求预测

#### 2.2.1 工业用水需求预测

采用万元工业产值取水量为综合指标来预测各水平年工业用水量,并充分考虑流域工业产业结构的调整以及企业通过采取清洁生产措施不断改进生产工艺和提高水的重复利用率等因素。流域各地区工业用水量预测见表 1,结果显示,工业用水量的增长速度低于同期工业总产值的增长速度,到 2005 年流域工业用水量将达到 6.72 亿 m<sup>3</sup>,与 2001 年相比,平均年递增 6.01%,2010 年流域工业用水量将达到 8.86 亿 m<sup>3</sup>,与 2005 年相比,平均年递增 5.68%,但流域不同地区差异明显;2005 年流域工业用水量较现状年增长了 26.3%,2010 年工业用水量较现状年增长了 66.5%。

#### 2.2.2 农业需水预测

农业用水预测主要包括农田灌溉用水、牲畜养殖用水以及林牧渔业用水等,分别与灌溉面积、作物构成、有效降水、土壤性质、田间配套、灌溉方式、渠系渗

表 1 流域内各地区各水平年工业用水量预测 亿 m<sup>3</sup>

|        | 江门市区  |      | 台山   | 开平   | 恩平   | 鹤山   | 全流域  |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|
|        | 蓬江、江海 | 新会   |      |      |      |      |      |
| 2005 年 | 1.83  | 1.84 | 0.68 | 1.58 | 0.62 | 0.17 | 6.72 |
| 2010 年 | 2.95  | 2.26 | 1.09 | 1.72 | 0.67 | 0.17 | 8.86 |

漏、养殖方式及规模、管理水平等因素有关。根据流域各项农业用水的影响因素和现有资料,分别采用指标分析法和趋势法来预测不同水平年的农业用水量,P=90%来水条件下农业用水量预测见表 2。

表 2 流域内各地区各水平年农业用水量预测 亿 m<sup>3</sup>

| 地区    | 年度   | 农田灌溉用水 | 牲畜用水  | 林果地灌溉 | 鱼塘补水  | 总计     |
|-------|------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 蓬江、江海 | 2005 | 0.530  | 0.010 | 0.124 | 0.202 | 0.866  |
|       | 2010 | 0.530  | 0.011 | 0.141 | 0.230 | 0.912  |
| 新会    | 2005 | 3.829  | 0.034 | 0.109 | 0.758 | 4.730  |
|       | 2010 | 3.829  | 0.038 | 0.124 | 0.861 | 4.852  |
| 台山    | 2005 | 1.716  | 0.019 | 0.082 | 0.123 | 1.970  |
|       | 2010 | 1.689  | 0.022 | 0.094 | 0.139 | 1.974  |
| 开平    | 2005 | 3.005  | 0.034 | 0.063 | 0.295 | 3.397  |
|       | 2010 | 2.932  | 0.039 | 0.072 | 0.335 | 3.378  |
| 恩平    | 2005 | 2.546  | 0.020 | 0.037 | 0.173 | 2.776  |
|       | 2010 | 2.575  | 0.022 | 0.042 | 0.197 | 2.836  |
| 鹤山    | 2005 | 1.167  | 0.016 | 0.118 | 0.054 | 1.355  |
|       | 2010 | 1.131  | 0.018 | 0.135 | 0.062 | 1.346  |
| 全流域   | 2005 | 12.793 | 0.133 | 0.533 | 1.605 | 15.094 |
|       | 2010 | 12.686 | 0.150 | 0.608 | 1.824 | 15.298 |

#### 2.2.3 生活用水预测

一个地区或城市的生活用水量,与该地区或城市的性质、气候、生活习惯、人口、建筑面积、生活水平、节水管理、节水水平等多方面因素有关。潭江流域近期与中远期生活用水预测见表 3。

预测结果显示,到 2005 年流域生活用水量将达到 3.208 亿 m<sup>3</sup>,与现状年相比平均年递增 13.55%,到 2010 年流域生活用水量将达到 4.506 亿 m<sup>3</sup>,与 2005 年相比平均年递增 7.03%。

综合上述预测结果,潭江流域生产、生活总用水量到 2005 年为 25.064 亿 m<sup>3</sup>,到 2010 年为 28.664 亿 m<sup>3</sup>,分别为年均径流量的 35.92%和 41.15%。随着经济的发展,该流域水资源的合理开发利用和保护应引起充分的关注。

### 2.3 流域水资源存在问题

表 3

流域内各地区生活用水量预测

亿 m<sup>3</sup>

|        |    | 江门市区  |       | 台山    | 开平    | 恩平    | 鹤山    | 全流域   |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |    | 蓬江、江海 | 新会    |       |       |       |       |       |
| 2005 年 | 城镇 | 0.809 | 0.456 | 0.229 | 0.334 | 0.223 | 0.050 | 2.101 |
|        | 农村 | 0.132 | 0.342 | 0.093 | 0.303 | 0.154 | 0.083 | 1.107 |
|        | 小计 | 0.941 | 0.798 | 0.322 | 0.637 | 0.377 | 0.133 | 3.208 |
| 2010 年 | 城镇 | 1.227 | 0.770 | 0.422 | 0.473 | 0.278 | 0.080 | 3.250 |
|        | 农村 | 0.146 | 0.381 | 0.100 | 0.349 | 0.161 | 0.119 | 1.256 |
|        | 小计 | 1.373 | 1.151 | 0.522 | 0.822 | 0.439 | 0.199 | 4.506 |

### 2.3.1 计划用水、节约用水意识差

① 农业仍然是流域用水大户,对流域内农业用水状况的调查表明,灌区工程仍很不完善,灌溉渠系渗漏严重,渠系建筑物的配套如量水设备等不齐全,造成用水量的浪费。节水意识薄弱,节水灌溉技术落后,农田串灌、漫灌现象仍普遍存在,现有的灌溉水平,远远超出了科学管水的定额。② 工业用水量增长很快,流域内各地区工业用水重复利用率普遍偏低,许多工矿企业用水均为直用直排,用水计量管理仍未全面落实,工业生产耗水率偏高。③ 自来水管网的跑、冒、滴、漏现象不断出现,水量损失十分严重,目前流域内对生活用水的供应量仍处于“来多少,供多少”的以供定需状态,生活用水定额偏低。

### 2.3.2 工业化与城市化发展对水源地的胁迫

“遍地开花”式工业发展与“就地取水”的饮用水布局模式已成为制约流域经济发展的主要因素。必须看到的是,随着流域开发利用程度加大,工业、生活、禽畜养殖排放的污水对原有的水源地造成潜在威胁,使水源地保护范围日趋萎缩或水源地性质改变。从潭江流域来看,尽管流域整体水质保持稳定,但局部水质仍有恶化的趋势,在潭江干流各断面中,大田、恩城水厂 2 断面的水质达到国家地表水Ⅱ类标准,三埠、苍山 2 断面的水质达到国家地表水Ⅲ类标准,其他断面均有不同的项目超标。从潭江流域支流的水质监测统计结果来看:白沙水、公义水、公益水、新桥水、址山水、会城河、金牛头、天沙河等支流水质均超过相应的水质功能区水质标准。

### 2.3.3 各小城镇未划定饮用水源保护区

一般而言,中小城镇依河而建,城镇饮用水就近采取或者抽取地下水。随着经济与工业发展,大量的城镇生活污水、工业废水以及禽畜养殖污水排入城镇河涌,使饮用水源受到污染,如目前潭江流域的大泽、三江、古井等镇饮用水源问题已成为该地区持续

发展的限制因素。随着流域经济的不断发展、人们生活水平的日益提高,以及外来人口的大量涌入,促使流域各市(区)及城镇分别加大现有水源地水资源开发力度,造成现有水源地水资源贮备短缺,从而部分城市或镇饮用水出现危机。

### 2.3.4 饮用水源地保护区河段保护范围过小

潭江干流一些饮用水源地虽然划定了 4 000~5 000 m 保护区范围,但没有过渡区(即准保护区),而这些区域内一些重金属类污染物、有机有毒污染物(如苯类物质)等很难保证其浓度达到饮用水标准要求,以致影响到保护区内的水质。一般以河流为水源地的陆域从岸基纵深 200 m,以湖泊为水源地从湖堤纵深 200 m 的陆域。由于划定范围较小,雨季水土流失与禽畜养殖冲洗、农业排水形成的面源污染会对饮用水源地水质造成很大的影响,特别是水源林保护区内的饮用水源保护区,应相应扩大水源林保护区及生态防护林保护区的范围。

## 3 水资源开发与保护对策

### 3.1 做好水资源保护和利用规划,开展区域水资源承载力研究

开展水资源规划是做好流域水资源保护和开发利用工作的基础,原编制的《广东省潭江流域规划复查报告》和《江门市水资源保护规划报告》分别是以 1983 年和 1985 年为基准年,流域经过近 20 年的持续发展,社会、经济及水环境均发生了较大变化,有必要进一步做好规划工作,通过深入研究重点河段的水资源承载能力,确定水资源保护和利用方案,强化河道功能分工,减少水环境功能冲突,从流域整体角度合理配置水资源。

### 3.2 加强水源工程的管理和建设,确保达标运行

水源的保证是供水的关键,流域内的供水水源

主要是水利工程及江河流域。由于流域内水利工程分布面广、配套工程不完善、运行时间长等原因,不少工程失修、老化现象严重,难以保证按设计能力供水,并时有险情发生,因此必须采取措施进行除险加固、续建配套,保证工程安全运行。对引水渠道要进行整治和清淤,重点加强河道管理。同时要重点兴建一批新的城乡供水工程,要求新、老供水工程达到设计标准要求。从改善水环境的角度出发,逐步由“工程水利”向“资源水利”和“生态水利”转变<sup>[6-10]</sup>。

### 3.3 提高水资源利用效益,强化节水措施

目前流域内单位水资源所产生的经济效益普遍偏低,要引导用水单位逐步从水资源量的占用向突出利用效益的方向转变。必须花大力气建立节水型社会,以节约用水为目标,采取有效措施提高供水工程的运行管理水平,保障管理经费到位;从优化工业结构、改进生产技术和设备、实施清洁生产、提高水重复利用率等方面,提高工业节水水平;逐步改变农业用水的串灌、漫灌和盲灌现象,建设防渗渠道,推广先进灌溉技术,不断提高供水工程的运行管理水平,改革农业灌溉制度,杜绝农业用水浪费;改进自来水供水管网和设施,减少水损失。

### 3.4 全面开展水环境综合整治,加强流域水源地建设

应从工业污染防治、生活污水处理、河涌环境整治、畜禽养殖场整顿、生态保护与建设等多个方面实施水环境综合整治措施。开展流域水环境容量研究,对流域内的主要污染物排放进行总量控制,同时对流域农业面源和水产养殖污染加强研究和防治工作。为保证供水水源的水量 and 水质,必须克服流域部分河段上下游、左右岸供、排水相互干扰和影响,随意取水和排水现象,必须打破行政区划分割,以流域自然环境条件为基础,从整体角度出发,统筹安排专业用水区,加强供水的水源基地建设和保护。同时,必须加快城镇污水处理厂的建设,防止城镇污水对邻近河段和饮用水源的污染。

### 3.5 加强水资源的统一管理,保证水资源供需计划的实施

潭江流域涉及江门全市的 4 市 3 区,水资源较为丰富,但由于自然条件等原因,降雨和径流时空分布不均,影响了水资源的开发利用,随着社会经济的持续发展,部分地区将不同程度地出现水源性缺水

或水质性缺水的矛盾。必须加强水资源的统一管理工作,正确处理生产用水、生活用水和生态用水的关系,进一步理顺水利、环保、城建、农业、国土资源等部门对水资源的管理职能,避免“多龙治水、多头管水”的局面,对流域水资源做到统一管理、统一规划和统一协调,明确水环境管理和水资源管理的职责。

建立水资源保护与研究必须有相应的基金支持,因此建议建立流域水资源保护基金,汇同潭江流域综合治理基金一起,由专门的机构管理,主要用于水资源的保护、开发、水资源工程建设以及潭江流域水资源科研活动,采取与潭江流域综合治理基金相似的资金管理方法,实施专款专用。

### 3.6 科学调度水资源,合理规划饮用水源地

对现有饮用水源地进行优化调整,据城市群、水系的地理分布和水源地现状,提出组团式大供水战略,按照规划和未来发展需要可将江门市饮用水源格局分为 3 个组团,即包括江门市区(蓬江区、江海区、新会区)、鹤山市及其下辖的各城镇的东部组团;包括台山市、开平市及其下辖的各城镇的中部组团;包括恩平市及其下辖的各城镇的西部组团。

通过对各组团供水能力、水源地分布的研究,以满足未来若干年内人口增长和经济发展对饮用水源供水需求量增加为目标,对饮用水源战略格局进行分析。3 个组团分别以不同的水系为水源地,东部组团以西江为主要水源地,中部组团水源地以潭江和水库相结合,西部组团以水库为主要水源地。组团内供水和用水实行平衡管理,组团间实行统一调度。

### 3.7 完善饮用水源保护规章制度,加大饮用水安全宣传力度

结合 2002 年制定的《广东省珠江水环境综合整治方案》、《江门市水环境综合整治方案》,根据潭江流域饮用水水源的实际情况制订相应的饮用水源安全保护规定,做到有法可依、有章可循、依法管理。

通过电视、广播、报刊广泛宣传水资源保护的法律法规,提高全民保护水资源的环保意识。严格执法,采取必要的奖惩措施,推进水资源保护各项规章制度的贯彻实施。

## 4 参考文献

- [1] 山本昌宏. 河川环境行政の课题と展望. 水环境学会志, 1998, 21(8): 10~13

技术、商贸的发展。

### 3 结束语

广东作为一个经济较发达的对外开放省份,环境监测事业发展很快,对全省的经济社会发展发挥着较大的作用。随着时代发展,科技进步,特别是加入WTO之后,环境监测市场将形成各方争逐的局面,因此,正确地认识全省环境监测形势是我省县(区)级环境监测站首要任务,同时环境监测事业迅速发展,也会对全省经济和社会发展做出重大贡献。

总之,我国的环境监测已进入以提高监测水平为中心的发展时期,国家环保总局已明确指出,环境监测的建设和发展方向是环境监测的现代化。这就要求

环境监测不仅要弄清环境质量和变化趋势、以及污染源变化动态,而且还要在发现环境问题、认识环境问题方面发挥先导作用。只有认清形势,针对我省地方的实际情况,早作准备,早抓落实,通过不断地探索和总结,才不会落后于时代,才不会被社会淘汰。

### 4 参考文献

- [1] 《中国环境年鉴》编辑委员会. 中国环境年鉴. 中国环境年鉴社, 2001. 589~593
- [2] 孙晓燕, 张蕾. 环境监测如何应对挑战. 黑龙江环境通报, 2002, (3): 7~9
- [3] 宋笑飞. “入世”对我国环境监测工作的影响及对策初探. 中国环境监测, 2002, (4): 4~5

## Discussion on Developmental Direction of Environmental Monitoring Station of District in Condition of Market Economy

Xu Yi Yang Jianbo

**Abstract** This paper analyzes the status quo in environmental monitoring station of district and points out the shortages of staff faculty, monitoring capability and outlay. The developmental direction of it in market economy is discussed.

**Key words** market economy environmental monitoring station of district developmental direction

(上接第37页)

- [2] 池内幸司. 多自然型川づくりの技術と今後の課題. 用水と废水, 1998, 40(1): 17~22
- [3] 櫻井善雄. “多自然型河流构造”与河流生态系统修复. 用水与废水, 1998, 40(1): 11~16
- [4] 中田穗积. 都市における水环境再生への取組み. 用水と废水, 1998, 40(1): 39~46
- [5] 贺缠生, 傅伯杰. 美国水资源政策演变及其启示. 资源科学, 1998, 20(1): 71~77
- [6] Gerald E. Galloway M River basin management in the 21 century: Blending development with the economic, and cultural sustainability. Water international, 1997, 22(2a): 82~89
- [7] 韦保仁. 美国的流域保护方法. 环境科学进展, 1998, 6(6): 56~60
- [8] 佐佐木宁. ドイツにおける近自然河川工法による河川环境の修复. 用水と废水, 1998, 40(1): 47~52
- [9] 杨芸. 论多自然型河流治理法对河流生态环境的影响. 四川环境, 1999, 18(1): 19~24
- [10] 张庆费. 城市森林建设的意义和途径探讨. 大自然探索, 1999, 18(2): 82~85

## Discussion on Exploitation of Water Resource and Protection of Drinking Water Source Terra of Tanjiang Watershed

Chen Zhiliang Wang Chenggang Liao Hua Luo Jun

**Abstract** After the investigation of water resource of Tanjiang watershed, it shows that there are two serious problems on water resource usage. Therefore, the protection of drinking water terra and sustainable exploitation of water resource become an important content in Tanjiang watershed plan. This paper analyzes status quo characteristics and problems of water resource in Tanjiang watershed, and offers some corresponding strategies and measures.

**Key words** water resource drinking water terra Tanjiang watershed

## 市场经济条件下区级环境监测站发展方向探讨

许 毅

(广州市花都区环境监测站, 广州 510800)

杨建波

(中山大学环境科学学院, 广州 510275)

**摘 要** 文章分析了区一级环境监测站的现状,从人员素质、监测能力、监测经费等多个方面指出区级监测站的不足之处,并对市场经济条件下区级监测站今后的发展方向进行了探讨。

**关键词** 市场经济 区级监测站 发展方向

在市场经济条件下,环境保护不再是单纯的政府行为和完全的政府责任,根据“受益者补偿”原则,环境公益的享有和获得应该是有偿的,因此对环境公共利益的维护应逐步由单一性的政府承担转向政府与社会共同分担。环境监测应是一项包含公益型和社会服务型两种类型的行为,这就决定了环境监测分为两种类型:公益性监测行为,主要是为政府环境决策提供基础性依据,政府委托某监测机构进行环境监测,其数据归政府所有,这类监测仍属于政府干预控制的范围;社会服务型监测行为,应是由非公益性监测机构或市场服务性机构,为企业或有特殊要求的事业单位提供服务,这类机构可以运用市场运作方式提供环境监测服务。

### 1 区级环境监测站的现状

20 多年来,县(区)级环境监测站定位于污染源监测、当地特有环境问题监测及部分环境质量监测,在环境管理中发挥了较大的作用。现在,我国已初步建立了社会主义市场经济体制,同时也已经加入 WTO,在不久的将来,我国的检测工作将向国内、外逐步开放,县(区)级环境监测站作为环境监测网络的最低层次,既与发达国家的检测机构相距甚远,又与国内的其它检测机构差距较大,因此,如何正确认识监测工作的现状,着眼于未来,力求有所发展,是当前县(区)级环境监测站需要认真思考的问题。

#### 1.1 机构规模小和人员素质较低

县(区)级环境监测站规模小,人员素质相对较低。从全国环保系统来看,2000 年末,共建有县(区)级环境监测站 2 168 个,从业职工 24 769 人<sup>[1]</sup>。各站人员一般不超过 25 人。监测人员的素质参差不齐,初、中级专业技术人员相对较多,高级专业技术人员普遍较少,只能适应当前环境管理的需要。

#### 1.2 监测项目少

按照我国县(区)级站建设标准,监测类别应包括环境空气监测、废气监测、降水监测、水质监测、废水监测、噪声监测、生物监测、底泥监测;监测项目的数量应达到有关要求。但是,由于有些地方主管部门对监测站的标准化建设重视不够,认为这只是监测站的内部工作,不愿增加环境监测投入,也有经济落后,经费缺乏等原因,导致许多县(区)级监测站监测类别不齐,多数只开展了水、气、噪声、生物等要素的环境质量和污染源监测;监测项目也较少,有的仅几十项,既不够规范,也不能适应社会主义市场经济的发展和人民生活的需要。

#### 1.3 监测经费不足

随着经济的发展,环境污染的加剧和环境管理力度的加强,国家和地方各级政府几乎每年都在增加环境监测投入,使各级监测站不断得到巩固和发展。县(区)级环境监测站的监测经费主要由地方财

政和主管环保局解决,监测站自己也搞一些诸如委托监测、监测咨询服务、环境影响评价监测等创收,以改善福利。今后事业单位面临改制,如果国家只保留一些大站、或有特色的专项监测站,给他们拨些经费,缺乏竞争力的县(区)级站没有了财政支持,发展前景不容乐观。

## 2 区级环境监测站的发展方向

面对市场化带来的挑战,环境监测站应以改革开放和科技进步为动力,以灵活的用人机制和高素质人才队伍建设为目标,科学地认识和把握时代特征,创新思路,整体谋划,建立适合自身特点的管理体制和运行机制,提升监测能力和市场竞争力。

### 2.1 提高监测技术能力

县(区)级环境监测站要发挥自身的优势,做出自己的特色。首先,监测手段要尽可能现代化。可以建立一支快速反应队伍,以快速和高质量的服务创优势,利用人员少,成本低,降低收费来提高竞争力。其次,要尽可能地利用现有仪器设备,增加监测类别和监测项目的数量,争取有能力的项目都要通过资质认证。还要加强环境科研工作,特别要做好当地特有环境问题的分析和研究,既为政府决策提供科学依据,又能充分体现监测站自己的能力。另外,还要多与上级监测站沟通,争取他们的技术指导。

### 2.2 应对新形势要求,进一步拓展监测领域

国家已开始实施无公害农产品、绿色食品和有机食品的认证工作。因地域优势,县(区)级环境监测站在农产品质量监控和保障方面应有所作为,抢占检测市场。一方面,可加强对农产品中残留农药、禁用化学品的检测;另一方面,可开展无公害农产品生产基地和标准化生产示范区的环境质量监测,以及“菜篮子”基地的环境质量调查监测。

室内环境污染问题已成为百姓关注的热点。室内环境监测和评价是一个新课题,环境监测站可凭借先进的仪器设备,采用规范的检测技术,开展室内环境污染监测、评价、治理与研究工作,积极开拓市场,扩大业务范围。

随着我国垃圾焚烧设施的逐步增加和对改善大气环境质量要求的增强,二噁英监测已越来越受重视。环境监测站应尽快培养专业人才,添置设备,形成二噁英监测能力<sup>[9]</sup>。

### 2.3 加入WTO,既是挑战又是机遇

中国加入WTO后,环境监测的职能分成两个部分:(1)环境质量监测和对企业的监督性监测;(2)委托监测。前者并不存在市场的竞争,但委托监测这一部分的市场则是完全开放,环境监测站要接受来自于国际上的各大监测机构的竞争,这对于人员、设备和技术都较差的县(区)级环境监测站来说,是一个非常大的挑战。

但我们必须看到,加入WTO既面临挑战,同时也是一个机遇。加入WTO,有利于加速我国环境监测现代化进程;有利于我们在更大范围和领域吸纳国外资金,借鉴发达国家发展环境监测事业的成功经验,利用发达国家的先进技术,特别是空气自动监测、水质自动监测和污染源在线监测等高新技术。

加入WTO,要求我们必须顺应经济全球化的大趋势,站在参与国际竞争的战略高度,进行全方位、深层次的改革。我们要积极推进各级监测站标准化建设工作。监测工作的经费要全额纳入政府财政预算,各级监测站的人员编制、办公用房、仪器装备等要与本地区环保工作的要求相适应,要达到能够履行自身职责的条件和要求。实现我国环境监测事业的快速发展,尽力缩小差距,增强自身的活力和市场的竞争力,争取赶上或接近国际同行业的先进水平。

### 2.4 加快落实国家实验室认证工作

社会上对环境监测数据的可信度提出更高要求,因此对提供监测数据的环境监测站的环境监测实验室也就提出了要求<sup>[10]</sup>:监测报告必须是高质量(准确、可靠、及时)的报告,并得到社会各界的信赖和认可,环境监测实验室能否适应市场经济需求的核心问题,就在于此。由于环境监测实验室不同于其它行业实验室,其监测的对象是不确定的物质或在变化中的物质,各环境因素中的水、气、废弃物、土壤、声、光、电磁波、核辐射等具有很多不确定因素和复杂多变的干扰因素,因此环境监测的难度很大,要提供准确可信的监测报告的难度也很大,要通过推行实验室认证工作,围绕监测结果可信度这个实质问题,努力提高技术素质和为市场、为人民服务的思想意识,完善建设实验室的质量管理体系,增强实验室的市场竞争能力,以赢得政府部门、社会各界和人民群众的信任,获得地区、国家的认可,争取参与省内,国内环境监测实验室的双边、多边合作,促进工业、

技术、商贸的发展。

### 3 结束语

广东作为一个经济较发达的对外开放省份,环境监测事业发展很快,对全省的经济社会发展发挥着较大的作用。随着时代发展,科技进步,特别是加入WTO之后,环境监测市场将形成各方争逐的局面,因此,正确地认识全省环境监测形势是我省县(区)级环境监测站首要任务,同时环境监测事业迅速发展,也会对全省经济和社会发展做出重大贡献。

总之,我国的环境监测已进入以提高监测水平为中心的发展时期,国家环保总局已明确指出,环境监测的建设和发展方向是环境监测的现代化。这就要求

环境监测不仅要弄清环境质量和变化趋势、以及污染源变化动态,而且还要在发现环境问题、认识环境问题方面发挥先导作用。只有认清形势,针对我省地方的实际情况,早作准备,早抓落实,通过不断地探索和总结,才不会落后于时代,才不会被社会淘汰。

### 4 参考文献

- [1] 《中国环境年鉴》编辑委员会. 中国环境年鉴. 中国环境年鉴社, 2001. 589~593
- [2] 孙晓燕, 张蕾. 环境监测如何应对挑战. 黑龙江环境通报, 2002, (3): 7~9
- [3] 宋笑飞. “入世”对我国环境监测工作的影响及对策初探. 中国环境监测, 2002, (4): 4~5

## Discussion on Developmental Direction of Environmental Monitoring Station of District in Condition of Market Economy

Xu Yi Yang Jianbo

**Abstract** This paper analyzes the status quo in environmental monitoring station of district and points out the shortages of staff faculty, monitoring capability and outlay. The developmental direction of it in market economy is discussed.

**Key words** market economy environmental monitoring station of district developmental direction

(上接第 37 页)

- [2] 池内幸司. 多自然型川づくりの技術と今後の課題. 用水と废水, 1998, 40(1): 17~22
- [3] 櫻井善雄. “多自然型河流构造”与河流生态系统修复. 用水与废水, 1998, 40(1): 11~16
- [4] 中田穗积. 都市における水环境再生への取組み. 用水と废水, 1998, 40(1): 39~46
- [5] 贺缠生, 傅伯杰. 美国水资源政策演变及其启示. 资源科学, 1998, 20(1): 71~77
- [6] Gerald E. Galloway M River basin management in the 21 century: Blending development with the economic, and cultural sustainability. Water international, 1997, 22(2a): 82~89
- [7] 韦保仁. 美国的流域保护方法. 环境科学进展, 1998, 6(6): 56~60
- [8] 佐佐木宁. ドイツにおける近自然河川工法による河川环境の修复. 用水と废水, 1998, 40(1): 47~52
- [9] 杨芸. 论多自然型河流治理法对河流生态环境的影响. 四川环境, 1999, 18(1): 19~24
- [10] 张庆费. 城市森林建设的意义和途径探讨. 大自然探索, 1999, 18(2): 82~85

## Discussion on Exploitation of Water Resource and Protection of Drinking Water Source Terra of Tanjiang Watershed

Chen Zhiliang Wang Chenggang Liao Hua Luo Jun

**Abstract** After the investigation of water resource of Tanjiang watershed, it shows that there are two serious problems on water resource usage. Therefore, the protection of drinking water terra and sustainable exploitation of water resource become an important content in Tanjiang watershed plan. This paper analyzes status quo characteristics and problems of water resource in Tanjiang watershed, and offers some corresponding strategies and measures.

**Key words** water resource drinking water terra Tanjiang watershed

## 灰色聚类法在大气环境质量评价中的应用

朱庆峰 张淑娟

(中山大学环科所, 广州 510275)

**摘 要** 灰色聚类法把大气系统当作一个灰色系统来研究, 将聚类样本对不同的聚类指标所拥有的隶属函数, 按几个灰类进行归纳, 得出最大聚类系数及聚类结果。以东莞市长安镇为例, 得出灰色聚类法是一种能把实际情况加以考虑、简单而有效、合理而科学的评价方法。

**关键词** 灰色聚类法 环境质量评价 灰色系统 大气

在客观世界中, 既含有大量的已知信息, 也有不少未知的或非确知的信息。完全已知的信息构成的系统称为白色系统 (White System), 完全未知的信息构成的系统称为黑色系统 (Black System), 而非确知的信息构成的系统称为灰色系统 (Grey System)。其中, 绝大多数为灰色系统。对于环境质量评价, 有限的时空监测数据所能提供的信息是不完全和非确知的, 因而环境质量系统是一个灰色系统, 运用灰色聚类法对大气环境质量进行评价是客观的、可行的、合理的<sup>[1]</sup>。

### 1 灰色聚类法原理

#### 1.1 计算参数的隶属函数或白化函数

某个参数的隶属度, 可以用下列线性函数表示<sup>[2,3]</sup>:  
属于第 1 级大气的隶属函数为:

$$f_{i1} = \begin{cases} 1 & C_i \leq S_{i,1} \\ \frac{S_{i,2} - C_i}{S_{i,2} - S_{i,1}} & S_{i,1} < C_i < S_{i,2} \\ 0 & C_i \geq S_{i,2} \end{cases}$$

属于第  $j$  级大气的隶属函数为:

$$f_{ij} = \begin{cases} 0 & C_i \leq S_{i,j-1} \text{ 或 } C_i \geq S_{i,j+1} \\ \frac{C_i - S_{i,j-1}}{S_{i,j} - S_{i,j-1}} & S_{i,j-1} < C_i < S_{i,j} \\ \frac{S_{i,j+1} - C_i}{S_{i,j+1} - S_{i,j}} & S_{i,j} \leq C_i < S_{i,j+1} \end{cases}$$

属于最后一级 ( $n$ ) 大气的隶属函数为:

$$f_{in} = \begin{cases} 0 & C_i \leq S_{i,n-1} \\ \frac{C_i - S_{i,n-1}}{S_{i,n} - S_{i,n-1}} & S_{i,n-1} < C_i < S_{i,n} \\ 1 & C_i \geq S_{i,n} \end{cases}$$

式中:  $f_{ij}$ ——参数  $i$  对  $j$  级大气的隶属度;  
 $C_i$ ——参数  $i$  的监测浓度值;  
 $S_{i,j}$ ——参数  $i$  的第  $j$  级大气质量标准值。

#### 1.2 聚类权重的计算

聚类权重是衡量各个指标同一灰类的权值。在大气环境质量评价中, 由于各聚类指标的划分等级的区间大小不同, 且量级有很大的差别, 因而不能直接进行计算, 所以通常采取无量纲化处理, 计算公式为

$$\gamma_{kj} = S_{kj} / \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_{kj} \right) \quad (1)$$

式中:  $S_{kj}$ ——为第  $j$  个指标第  $k$  个灰类的灰数;  
 $\gamma_{kj}$ ——为第  $j$  个指标第  $k$  个灰类的无量纲数;  
 $n$ ——为大气环境质量的等级数。

接着, 按照公式

$$W_{kj} = \frac{1}{\gamma_{kj}} / \left( \sum_k \frac{1}{\gamma_{kj}} \right) \quad (2)$$

来计算聚类权重, 其中  $W_{kj}$  为第  $j$  个指标第  $k$  个灰类的权值。

#### 1.3 求聚类系数

聚类系数的计算公式为:

$$\delta_{kj} = \sum_{i=1}^n f_{ij}(X_{kj}) \cdot W_{ij} \tag{3}$$

式中:  $\delta_{kj}$  为第  $i$  个样本关于第  $k$  个灰类的聚类系数, 它反映了聚类样本对灰类的关联程度<sup>[4]</sup>。

1.4 聚类

按照最大隶属原则确定聚类样本属于哪一类, 即根据公式

$$\delta_k = \max_{1 \leq j \leq m} \{ \delta_{kj} \} \tag{4}$$

则  $\delta_k$  所对应的灰类  $k$  是这个聚类样本所属的类别。然后重复上述步骤, 得到各个样本所属的灰类。

2 以东莞市长安镇为例进行评价

我们于 2003 年 3 月在长安镇布设了 6 个采样点, 分别代表了下风向(1<sup>#</sup>)、居民生活区(2<sup>#</sup>)、上风向(3<sup>#</sup>)未开发地带(4<sup>#</sup>)、镇中心(5<sup>#</sup>)、工业区(6<sup>#</sup>), 对大气中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 及 PM<sub>10</sub> 等三项污染指标进行了监测, 监测数据如表 1。

表 1 2003 年 3 月长安镇大气环境质量监测值 mg/m<sup>3</sup>

| 项目               | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> | 4 <sup>#</sup> | 5 <sup>#</sup> | 6 <sup>#</sup> |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| SO <sub>2</sub>  | 0.25           | 0.37           | 0.43           | 0.40           | 0.60           | 0.70           |
| NO <sub>x</sub>  | 0.144          | 0.216          | 0.162          | 0.204          | 0.198          | 0.234          |
| PM <sub>10</sub> | 0.325          | 0.438          | 0.500          | 0.446          | 0.492          | 0.350          |

根据有关文献<sup>[5-7]</sup>, 本文确立了 5 个大气质量级别。前 3 个级别是国家大气环境质量标准(GB3095-1996)中一、二、三级的日平均浓度, 后 2 个级别是参考级别, 即一共有 5 个灰类, 如表 2 示。

表 2 大气环境质量分级标准 mg/m<sup>3</sup>

| 项目               | 一级<br>(清洁) | 二级<br>(轻污染) | 三级<br>(污染) | 四级<br>(中污染) | 五级<br>(重污染) |
|------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| SO <sub>2</sub>  | 0.05       | 0.15        | 0.25       | 0.50        | 0.75        |
| NO <sub>x</sub>  | 0.05       | 0.10        | 0.15       | 0.30        | 0.45        |
| PM <sub>10</sub> | 0.05       | 0.15        | 0.25       | 0.50        | 0.75        |

2.1 数据无量纲化

为消除量纲的影响和便于比较, 采用式(1)对数据进行无量纲化处理, 即采用平均标准进行处理。表 1 和表 2 中的数据进行无量纲化处理后见表 3 和表 4。

表 3 长安镇无量纲化大气环境质量监测结果

| 项目               | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> | 4 <sup>#</sup> | 5 <sup>#</sup> | 6 <sup>#</sup> |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| SO <sub>2</sub>  | 0.545          | 0.807          | 0.938          | 0.873          | 1.309          | 1.527          |
| NO <sub>x</sub>  | 0.746          | 1.119          | 0.839          | 1.057          | 1.026          | 1.212          |
| PM <sub>10</sub> | 0.764          | 1.030          | 1.176          | 1.049          | 1.157          | 0.823          |

表 4 无量纲化大气环境质量分级标准

| 项目               | 一级<br>(清洁) | 二级<br>(轻污染) | 三级<br>(污染) | 四级<br>(中污染) | 五级<br>(重污染) |
|------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| SO <sub>2</sub>  | 0.147      | 0.441       | 0.735      | 1.471       | 2.206       |
| NO <sub>x</sub>  | 0.238      | 0.476       | 0.714      | 1.429       | 2.143       |
| PM <sub>10</sub> | 0.147      | 0.441       | 0.735      | 1.471       | 2.206       |

2.2 白化函数的确定

按照国家规定的大气质量分级标准划分为五个级别, 即有五个灰类。各监测点的无量纲化的监测值作为聚类白化数  $d_{ij}$  或  $x$ 。由表 4 可知各指标的各类白化权函数的阈值  $\lambda_{kj}$ , 取白化权函数峰值为 1。可写出各大气污染指标的各类白化函数, 以二氧化硫白化函数为例。

$$f_{11}(x) = \begin{cases} 1 & x \in [0, 0.147] \\ \frac{0.441-x}{0.294} & x \in [0.147, 0.441] \\ 0 & x \in [0.441, \infty] \end{cases}$$
  
$$f_{21}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.147}{0.294} & x \in [0.147, 0.441] \\ \frac{0.735-x}{0.294} & x \in [0.441, 0.735] \\ 0 & x \in [0, 0.147] \cup [0.735, \infty] \end{cases}$$
  
$$f_{31}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.441}{0.294} & x \in [0.441, 0.735] \\ \frac{1.471-x}{0.736} & x \in [0.735, 1.471] \\ 0 & x \in [0, 0.441] \cup [1.471, \infty] \end{cases}$$
  
$$f_{41}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.735}{0.736} & x \in [0.735, 1.471] \\ \frac{2.206-x}{0.735} & x \in [1.471, 2.206] \\ 0 & x \in [0, 0.735] \cup [2.206, \infty] \end{cases}$$

$$f_{3s}(x)=\begin{cases} 0 & x\in[0,1.471] \\ \frac{x-1.471}{0.735} & x\in[1.471,2.206] \\ 1 & x\in[2.206,\infty] \end{cases}$$

2.3 计算聚类权

按照式(2)来计算,各个灰类中各因子的权重计算结果见表5。

表 5 各灰类中各因子的权重值

| 项目               | 一级<br>(清洁) | 二级<br>(轻污染) | 三级<br>(污染) | 四级<br>(中污染) | 五级<br>(重污染) |
|------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| SO <sub>2</sub>  | 0.382      | 0.341 5     | 0.330      | 0.330       | 0.330       |
| NO <sub>x</sub>  | 0.236      | 0.317       | 0.340      | 0.340       | 0.340       |
| PM <sub>10</sub> | 0.382      | 0.341 5     | 0.330      | 0.330       | 0.330       |
| ΣW <sub>ij</sub> | 1.000      | 1.000       | 1.000      | 1.000       | 1.000       |

2.4 聚类系数及聚类结果

由式(3)及式(4)可分别求得聚类系数及聚类结果,其结果如表6示。

表 6 聚类系数δ<sub>ij</sub>及聚类结果

| 采样点            | 灰类 k |       |       |       |       | 最大元对应的灰类 |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|----------|
|                | I    | II    | III   | IV    | V     |          |
| 1 <sup>#</sup> | 0    | 0.221 | 0.759 | 0.028 | 0     | III      |
| 2 <sup>#</sup> | 0    | 0     | 0.643 | 0.357 | 0     | III      |
| 3 <sup>#</sup> | 0    | 0     | 0.652 | 0.348 | 0     | III      |
| 4 <sup>#</sup> | 0    | 0     | 0.634 | 0.366 | 0     | III      |
| 5 <sup>#</sup> | 0    | 0     | 0.405 | 0.595 | 0     | IV       |
| 6 <sup>#</sup> | 0    | 0     | 0.394 | 0.581 | 0.025 | IV       |

2.5 API 空气污染综合指数的评价

API 空气污染综合指数的评价公式如下<sup>[4]</sup>:

$$P=\left(\sum_{i=1}^n P_i\right)/n;P_i=\frac{C_i}{S_i}$$

式中: P——大气污染综合指数;

P<sub>i</sub>——i 项污染物的污染分指数;

C<sub>i</sub>——i 项污染物的监测平均值;

S<sub>i</sub>——i 项污染物的评价标准;

P<sub>i</sub>值若大于 1,表明 i 项污染物分项评价超过评价标准。P 值若大于 1,则表明该测点的污染物综合评价指数值超过评价标准;P 值若大于 2,则表明该测点的污染物综合评价指数值已经达到下一级评价标准。我们以三级污染为评价标准,评价结果见下表。

表 7 API 空气污染指数评价结果

| 项目                           | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> | 4 <sup>#</sup> | 5 <sup>#</sup> | 6 <sup>#</sup> |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P <sub>SO<sub>2</sub></sub>  | 1.00           | 1.48           | 1.72           | 1.60           | 2.40           | 2.80           |
| P <sub>NO<sub>2</sub></sub>  | 0.96           | 1.44           | 1.08           | 1.36           | 1.32           | 1.56           |
| P <sub>PM<sub>10</sub></sub> | 1.30           | 1.75           | 2.00           | 1.78           | 1.97           | 1.40           |
| P                            | 1.09           | 1.56           | 1.60           | 1.58           | 1.90           | 1.92           |

结果表明:6 个监测点的 API 指数评价结果为Ⅲ类;其中,5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> 监测点的 API 指数评价结果接近Ⅳ类。

3 讨论

表 6 的最后一列,即为各大气监测点的空气质量综合评价的结果。结果表明:1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 采样点的各级隶属最大值为Ⅲ类,也就是说,这些点的大气环境质量综合评价为Ⅲ类;5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> 点的大气环境质量综合评价为Ⅳ类。这与 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> 分别是工业区和镇中心有很大的相关性,因而与污染比较严重的实际情况是比较吻合的。

另外,表 6 与表 7 的结果对比可知,两者评价结果比较相似,但是灰色聚类法的评价结果更加细致、更加深入、更加贴切实际。

由式(2)可知,灰色聚类法的权重隐含在其分级的标准中,不仅在同一聚类中不同因子的权重可能不一样,而且同一因子在不同聚类中的权重也可能不一样。这也是灰色聚类法比较合理的地方,充分体现了对信息的合理利用。

另外,从常识来看:各环境因子在环境质量综合评价体系中的权重应当是由因子本身所固有的,也就是说与因子的浓度无关。这一点,我们也可以从式(2)看出,灰色聚类法中各因子的权重是由表征其清洁度的阈值 S<sub>ij</sub> 所决定的。这也是灰色聚类法比较科学的地方。

所以灰色聚类法是一种简洁、合理而科学的评价方法,希望在今后的环境质量评价中推广之。

4 参考文献

[1] 邢爱国,胡厚田,王仰让. 大气环境质量评价的灰色聚类法. 环境保护科学. 1999,26(4):29~31  
[2] 郑成德. 水环境质量评价的灰色聚类法. 水文,1998,14:23~27  
[3] 高荣松,刘中正,谢邦武,等. 环境影响评价原理和方法.

成都:四川科学技术出版社,1989.1~646

[4] 付利华,朱百鸣.用灰色聚类法评价大气环境质量.环境与开发.1994,9(4):358~361

[5] 肖井坤,殷佩海.大气环境质量评价的灰色聚类模式.大连海事大学学报,2000,26(1):84~89

[6] 兰文辉.灰色聚类法在大气环境评价大气中的应用及与

其它方法的比较.干旱环境监测,1995,9(3):147~151

[7] 杨红.灰色聚类法在湖泊水质富营养化评价中的应用.渔业机械仪器,1995,6:36~39

[8] 陈郁青.福州市大气环境质量评价及污染成因分析.闽江学院学报,2003,24(2):103~107

## The Application of the Grey Clustering Method in Atmospheric Environmental Quality Assessment

Zhu Qingfeng Zhuang Shujuan

**Abstract** The grey clustering method studies the atmospheric system as a grey system, by which we exemplify separately in six different sampling sites in the Chang'an town of Dongguan in 2003. The results indicate that the grey clustering method is a concise, valid, reasonable and scientific method.

**Key Words** grey clustering method environmental quality assessment grey system atmosphere

### 广州市总体环境质量继续保持良好

#### (一)工业废气、废水排放量比2002年减少

2003年,全市工业用煤1 634.36万t,比2002年增加229.84万t,其中燃料煤1 410.68万t,比2002年增加228.14万t;工业用燃料油155.14万t,比2002年减少1.08万t。工业废气排放量18 263 108万标m<sup>3</sup>,比2002年减少5 292 229万标m<sup>3</sup>。

全市废水排放总量134 113万t,比2002年增加19 027万t。其中工业废水排放量21 213万t,比2002年减少2 935万t;排放达标率为86.66%(达标排放量18 384万t),比2002年上升1.56个百分点。

全市工业固体废弃物产生量538.9万t,比2002年增加121.2万t;综合利用量547.3万t,比2002年增加151.5万t;综合利用率92.7%,比2002年增加4.1个百分点。

#### (二)环境空气质量优于国家和地方标准

2003年,环境空气质量继续保持良好,市区环境空气中二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物年平均值分别为0.059 μg/m<sup>3</sup>、0.072 μg/m<sup>3</sup>和0.099 μg/m<sup>3</sup>,优于国家环境空气质量二级标准;年月降尘量为6.11 t/km<sup>2</sup>·月,优于广州地区暂行标准。其中可吸入颗粒物和总悬浮颗粒物年平均值分别比2002

年上升20.7%和10.6%,需要进一步加强市区防尘保洁工作。

#### (三)珠江广州河段17项指标达标

2003年珠江广州河段22项评价指标中,高锰酸盐指数等17项达到国家《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)Ⅲ类标准,氨氮、粪大肠菌群、生化需氧量、溶解氧、石油类年平均值分别为2.80 μg/L、4 1526个/L、6.03 μg/L、3.8 μg/L和0.052 μg/L,超过Ⅲ类水质标准。

入冬以来珠江流域降雨量锐减,枯水期珠江广州河段水质比2002年同期差,市区地表水抗御不利水文气象条件的能力脆弱,必须不断加快城市污水处理能力建设,进一步加大工业废水污染防治力度。

#### (四)声环境质量保持良好

2003年广州市区域环境噪声为54.5 dB,比2002年上升0.4 dB,优于《城市区域环境噪声标准》(GB 3096-93)2类区(居住、商业、工业混杂区)昼间标准;道路交通噪声为68.6 dB,与2002年持平,优于4类区(城市交通干线两侧区域)昼间标准。

摘自《2003年度广州市环境质量报告书(公众版)》

## 工业区群环境影响评价探讨

曾学云 吴群河

(中山大学环境科学与工程学院, 广州 510275)

**摘 要** 沿着环境影响评价在我国的发展和完善的历史过程,在区域环境影响评价的基础上提出了工业区群环境影响评价。结合番禺工业区群实例,阐述了工业区群环境影响评价在实施污染物总量控制、节约投资经费和缩短工作周期等方面较传统的区域环境影响评价有优势,在实践中能有效地避免地带性环境污染问题和社会经济问题,而成为促进区域可持续发展的重要手段。

**关键词** 区域环境影响评价 工业区群环境影响评价 总量控制 可持续发展

### 1 工业区群环境影响评价的提出

随着我国经济建设的迅猛发展,出现了许多经济高密度的工业区群的地域经济现象,如长三角、珠三角、环渤海地带和京津冀地带的工业区群。即在相同的地带区域内和相近的时间内相继规划、建设多个工业园区的情况。遵照国家和地方环境影响评价法规,各工业园区都分别委托了有资质的环境评价单位开展工业园区的环境影响评价工作。对于各个工业园区来说,从工业园范围的角度对其开发活动的选址、规模、性质的可行性进行论证,也能为工业园开发各功能的合理布局、入区项目的筛选提供决策依据;也能了解工业园的环境状况和工业园开发带来的环境问题,为避免决策失误,减少环境影响起到积极的作用,在一定程度上有助于工业园环境污染总量控制规划和建立工业园环境保护管理体系,促进工业园真正的可持续发展<sup>[1]</sup>。

但对整个工业区群来说,这样的工业园环境影响评价欠缺从整体上对工业区群的生态与环境质量的把握,难以建立相互依存、相互补充的地带性工业经济体系。因为工业区群是一复合空间发展系统,其工业密度较一般城市建设区的大,会有较大的污染物产生量和排放量,出现污染累积和重叠的现象,又间接地影响到生态环境;同时随着工业区群规划方案的实施以及区内社会经济的发展,工业区群内大面积的土地利用属性(包括土地利用方式、开发利

用强度)及少量地形地貌均发生改变,由此可能带来水源涵养能力、非点源污染强度以及其他生态因子的变化<sup>[2]</sup>,进而引发一系列难以预料的大范围的环境问题和社会经济问题。如整个流域水环境恶化问题,洪涝灾害发生的频率增加和灾害的影响程度扩大,甚至导致区域经济的重复建设等。这些问题遏制了经济高密度地带的进一步发展。如何避免这一地带性的环境问题和社会经济问题以推动地带性经济的快速、持续、健康的发展,也成为环境影响评价面临的又一新问题。

最近,番禺区人民政府拟在番禺区辖区内开发建设 31 个镇级工业园区,规划开发总面积累计达 55.85 km<sup>2</sup>,预测能够吸引的投资达到 652.19 亿元。成功地开展了工业区群环境影响评价,使本区的环境与社会经济得到协调发展,避免了遏制经济发展的地带性环境问题和社会经济问题出现,促进了区域的可持续发展的进程。

### 2 工业区群环境影响评价的内涵及其特点

工业区群是指在特定的相近地带、特定的相近时间内有计划开发的一系列重大工业园区。一般沿海或沿江展开,甚至是整个流域内或海湾内展开。这些在特定区域内连片布局工业园区的经济高密度的开发现象一般称为工业区群。它具有以下特征:(1)占地面积大,一般占地面积均大于 50 km<sup>2</sup> 以上,甚至是几百 km<sup>2</sup>;(2)性质复杂,一般工业区群涉及多

个工业园区开发建设;(3)管理层次较多,除有专门工业区群管理机构外,每一个开发园区均有管理机构和独立的法人;(4)不确定因素多,工业区群开发初期仅确定各个工业开发园区的总体规模,具体的工业开发园区的建设项目往往不确定;(5)环境影响范围大、程度深;(6)有条件实施污染物集中控制和治理。

工业区群开发活动一般都是在短期内集中大量的人力、资金和能源等必要的资源,具有规模大、开发强度高及经济密度高于一般区域的特点,往往使土地使用功能短期内发生巨大变化,工业区群开发活动的环境影响评价涉及因素多,层次复杂,相对于区域性工业开发园区建设活动的环境影响评价而言具有以下特点:(1)广泛性和复杂性;(2)战略指导性;(3)不确定性;(4)评价时间超前性;(5)评价方法多样化,定性和定量相结合。

工业区群环境影响评价就是在一定工业区群内遵循可持续发展的观点,以环境价值观为理论基础,从整体上综合考虑工业区群内拟各开发园区的各种社会经济活动对环境产生的影响,强调自然保护和生态建设,并据此制定和选择维护工业区群地域内良性循环,实现可持续发展的最佳行动规划或方案,同时也为工业区群开发规划和管理提供决策依据。其目的是通过环评为各工业园区的规划与建设提供重要依据,制定一套包括环境目标、环境规划、环境监测计划、环境动态监控系统的工业区群动态环境管理系统,从机制上保证工业区群开发的可持续发展。因而工业区群环境影响评价内容框架与传统的区域环境影响评价不尽相同。下面以番禺区工业区群环境影响评价为例来说明。

番禺区工业区群环境影响评价主要有8个方面的工作内容:(1)从环保法规和地方的城镇总体规划以及区域环保规划等方面评价番禺区各规划建设工业园区的合法性与合理性;(2)摸清番禺区的资源条件和环境承载力;(3)调查番禺区的环境质量现状并预测其可能受到规划建设工业区群的影响程度;(4)整体上提出各工业园区的总量控制指标;(5)依据国家产业政策,从全局的角度和高度审视各工业园区的清洁生产状况以及准入的项目;(6)审视各工业园区污染控制措施的可行性与合理性;(7)评判各工业园区的环境经济效益;(8)提出各工业园区的环境管理指标体系及环境监测计

划。最终达到建立互相依托、相互补充的可持续发展工业体系的目的。分总体层面和逐区层面两个层面开展环境影响评价工作。

总体层面的工作主要有包括不可分割的环境要素,这些要素往往容易受到开发建设项目群或区域开发群的累积影响。仅仅从单个开发建设项目或局部区域并不能弄清累积环境影响问题,只能从总体层面予以调查与评价。总体层面上的环境影响评价内容主要有:番禺区的资源条件和环境承载能力调查;番禺区的环境质量现状调查和规划开发建设的工业区群的累积环境影响评价;各工业园区的总量控制指标等。

逐区层面的环境影响评价工作是总体层面工作的细化与补充。主要有:从环保法规和地方的城镇总体规划以及区域环保规划等方面评价番禺区各规划建设工业园区的合法性与合理性;从全局的高度,依据国家产业政策审视各工业园区的清洁生产状况以及准入的项目;审视各工业园区污染控制措施的可行性与合理性;评判各工业园区的环境经济效益;提出各工业园区的环境管理指标体系及环境监测计划等内容。

与传统的区域环境影响评价在评价对象、范围、方法、精度、任务和指标等方面存在一定的区别,如表1所示。

### 3 工业区群环评在实施区域污染物总量控制方面较传统区域环评具有优势

污染物总量控制就是为了使某一时空环境达到相应的环境质量目标,对本区排放的污染物负荷控制在自然环境承载力范围或某一人为允许范围内的规定管理措施<sup>[9]</sup>。污染物总量控制是环评的重要依据,也是要论述的重要内容。同时,环评又是实施污染物总量控制的有效途径和得力措施。因此只要在环评中充分体现污染物总量控制的原则,强化污染物总量控制的内容,必将提高环评的有效性,能有力促进区域污染物总量控制运作,以实现区域可持续发展<sup>[9]</sup>。

目前工业区群环评尚属国内首创,也是区域环评基础上在实施区域污染物总量控制方面的创新和延伸。工业区群环评能从工业区群的整体上,根据环境规划与保护目标、功能区的划分和环境质量现状来研究工业区群内的环境容量和环境承载力并科学

表 1 工业区群环境影响评价和传统的工业园区环境影响评价的区别

| 比较内容    | 工业区群环境影响评价                                                                                                                             | 传统的工业园环境影响评价                                                                                                                             |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 评价对象    | 工业区群地域内所有拟规划建设区域性工业园区                                                                                                                  | 包括工业园区区域社会经济发展规划中所有拟开发行为和开发项目                                                                                                            |
| 评价范围    | 地域较广、空间较大和复盖多个工业园区,呈工业<br>区群地带性                                                                                                        | 地域较小、属工业园区区域范围                                                                                                                           |
| 评价方法    | 多样性和综合性和持续性的环境影响评价方法                                                                                                                   | 多样性                                                                                                                                      |
| 评价精度    | 采用系统分析方法对整体进行宏观分析,反映区<br>域宏观特征,是一项综合的、全面的环评                                                                                            | 采用系统分析方法对整体进行宏观分析,反映园<br>区合理性,宜粗不宜细,粗中有细                                                                                                 |
| 评价任务    | 不仅分析工业区群地域内经济发展规划中各工业<br>园区规划活动对环境影响程度,而且重点论证区<br>域内未来各工业园区布局、结构和资源的合理配<br>置,提出对区域环境影响最小的整体优化方案和<br>综合防治对策,为制定环境规划提供依据(微观与<br>宏观相结合管理) | 分析工业园区区域经济发展规划中拟开发活动对<br>环境影响程度,重点论证区域内未来建设项目的布<br>局、结构和资源的合理配置,提出对区域环境影响<br>最小的整体优化方案和综合防治对策,为制定环<br>境规划提供依据(微观与宏观相结合管理) <sup>[4]</sup> |
| 评价指标    | 反映工业区群地带内环境与经济协调发展的各项环<br>境经济生活质量等指标(体现核心:可持续发展)                                                                                       | 反映工业园区区域环境与经济协调发展的各项环<br>境经济生活质量等指标(体现核心:可持续发展)                                                                                          |
| 污染物总量控制 | 不仅考虑了各工业园区的环境容量,而且还考虑到<br>工业园区之间的广大地域的环境容量,达到更科学<br>的总量控制,能更有效地避免污染物叠加的影响                                                              | 仅仅停留于工业园区所在地环境容量,难以<br>有效地避免工业区域之间的污染物叠加的影响                                                                                              |

制定出工业群污染物总量控制计划。从而实现污染物大范围的宏观总量控制,避免出现流域性水环境污染、洪涝频率提高和灾害程度加深的发生,是实现成群工业区域实施总量控制的必要保证体系和有力措施。

而传统的区域环境影响评价着眼于工业园区区域污染物总量的宏观控制,可为园区区域环境规划、综合整治及污染集中治理创造有利的条件,能很好地实现区域内的目标总量控制的实施。但对于集中成片工业区群来说,工业园区之间的地区却成了实施总量控制的盲点,而且传统的区域环评未能充分考虑多个园区的累积影响及叠加影响。

相比之下,工业区群环评较传统的区域环评更为科学,它能摸清区域环境承载力和环境与资源条件,有效调控区域污染物排放总量控制指标,在区域社会经济建设、生态建设与环境保护等方面达到纵观全局,运筹帷幄的目的<sup>[9]</sup>。

4 工业区群环境影响评价更节省时间、经费

工业区群环境评价可以作为组成工业区群各工业园区的区域环境影响评价,从而减少了各单个工业园区环境影响评价的工作,不但更具科学性和指导性,而且缩短了工作周期和节约投资经费。如广东省广州市番禺区工业区群,若按传统的区域环境影响评价方式,对组成工业区群的 31 个工业园区进行环境影响评价,根据国家环境影响评价法、相关文件和规范的要求,工业区区域环境影响评价至少包括以下 8 方面的内容:(1)从国家产业政策、环保法规和地方的城镇总体规划以及区域环保规划等方面评价工业园区的合法性与合理性;(2)摸清建设区域的环境承载力;(3)调查建设区域环境质量现状并预测工业园区开发建设可能带来的影响;(4)提出工业园区污染物排放总量的控制指标;(5)评价工业园区的清洁生产状况准入项目;(6)审视工业园

区污染控制措施的合理性与可行性;(7)评判工业园区的环境经济效益;(8)提出工业园区的环境监测计划。同时,环境质量现状调查点不应少于对照点、污染监控点、上、下游或上、下风向污染削减共3类。则地表水和环境空气质量现状调查站分别不能少于124断面(地表水环境)和155个临时监测点。即:

$31 \text{ 工业园(区)} \times 4 \text{ 断面} / \text{工业园(区)} = 124 \text{ 断面, (地表水环境);}$

$31 \text{ 工业园(区)} \times 5 \text{ 测点} / \text{工业园(区)} = 155 \text{ 测点, (环境大气)。}$

为完成这庞大的工作需耗费大量的时间,同时根据《国家计委、国家环保总局关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》文件精神,对应的环评费用为1905.63万元,占总吸引投资量的0.024%。

但若按工业区群环境影响评价对番禺区31工业园区进行整体环境影响评价,仅地表水和环境空气质量现状调查也少了很多,分别为43个断面和40个测点。因而能节省大量的工作量和时间,缩短工作周期,对应的环评经费739.4万元,仅仅为传统模式评价费用的38.7%,节省评价费1166.36万元,而且仅6个月便完成了整过评价工作。足见本方案的优势。

## 5 总结

工业区群环境影响评价能从工业区群全局的角度,摸清区域环境承载力和环境与资源条件,有效调

控区域污染物排放总量控制指标,在区域社会经济建设、生态建设与环境保护等方面达到纵观全局,运筹帷幄的目的;也能建立互相依托、相互补充、可持续发展的地域工业体系,避免内部相互恶性竞争,达到最大限度实现区域资源价值、有效保护环境的目的,从而达到节省时间、节省经费、加快社会经济建设步伐,充分而又客观体现环境保护为社会经济发展服务是本工业区群整体环境影响评价方案最显著的意义。这样便可有效地提高工业区群的运作效率和节省投资费用。具有传统区域环境影响评价无法比拟的优势。

## 6 参考文献

- [1] 丁桑岚. 环境评价概论. 化学工业出版社, 2001
- [2] 赵廷宁. 我国环境影响评价研究现状、存在的问题及对策. 北京林业大学学报, 2001(3): 67~71
- [3] 黄伟源. 成本效益分析在区域环境影响评价中的应用. 中国环境科学, 2000, 20(增刊): 51~54
- [4] 俞穆清. 环境影响评价中实施污染物总量控制的初探. 环境科学, 1998(8): 17~21
- [5] Chryanthus Chukwuma. Environmental impact assessment of development projects and natural resources A viewpoint. Journal of Environmental Studies, 1996, 50(14): 31~49
- [6] Kimothi Juyal. Environmental impact assessment of a few selected watersheds of the Chamoli district (central Himalaya) using remotely sensed data. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 7

# Study on Environmental Impact Assessment of the Cluster of Industrial Park

Zeng Xueyun Wu Qinghe

**Abstract** The conventional regional environmental impact assessment has some deficiencies in its applications on the cluster of industrial park. However, the environmental impact assessment of the cluster of industrial park can make up for these deficiencies. With the development and amendment of the EIA, this paper introduces the environmental impact assessment of the cluster of industrial park. According to the example, the environmental impact assessment of the cluster of industrial park is better than the REIA on practicing total quantity control and conserving capital. It can avoid the problems of the regional environmental pollution and social economy. So it becomes an important method on promoting regional sustainable development.

**Key words** regional environmental impact assessment (REIA) environmental impact assessment of the cluster of industrial park total quantity control sustainable development