

# 苯胺泄露至土壤中的迁移及 应急处置试验模拟研究

陈志刚<sup>1,2</sup>, 于萍<sup>1</sup>, 罗运柏<sup>1</sup>, 郭新良<sup>1</sup>

(1. 云南电力研究院化学环保研究所, 云南 昆明 650217;

2. 武汉大学化学与分子科学学院, 湖北 武汉 430072)

**摘要:** 通过 Batch 法研究了土壤吸附苯胺的动力学特征; 通过土柱试验模拟了苯胺在土壤中的扩散, 同样通过土柱试验研究了两种应急处置方法。试验结果表明, 土壤吸附苯胺的反应呈现快速反应和慢速反应两个阶段, 以快速吸附反应为主; 苯胺在土壤中的扩散浓度与扩散深度的关系可用指数方程表征。通过动力学吸附试验和苯胺在土壤中的迁移试验的结果, 确定了挖掘距表面层 50mm 的污染土壤和在污染表面撒粉末活性炭吸附两种有效的应急处置方法。

**关键词:** 苯胺污染; 土壤; 应急处置; 模拟; 实验; 研究

**中图分类号:** X13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0001-05

## 前言

我国已进入环境污染事故高发期, 尤其是重大突发性的环境化学污染事故不仅在发生次数上, 而且在污染的危害程度上均有增加的趋势。据统计, 2001—2004 年发生污染事故 3988 起, 平均每年约 1000 起, 尤其是因企业排污事故而引发的重大污染事件接连发生。这些污染事件不仅给水体带来破坏, 也造成土壤生态质量的恶化。土壤是自然资源中重要的组成部分, 环境的变化会急剧地影响土壤质量。土壤受到污染, 同样会造成地下水和地表水遭到污染, 同时土壤污染物会进入植物系统, 这些污染通过食物链进入人体, 直接给人体健康带来危害。治理与保护土壤生态环境已迫在眉睫。

苯胺作为一种重要的化工原料, 随着精细化工行业, 尤其是燃料、农药及医药行业产品产量的不断增大, 对苯胺类化学品的需求呈明显的上升趋势。苯胺是土壤中常见的有机污染物, 这类物质毒性大, 有很强的“三致”作用, 对环境和人体健康的影响相当大, 被列入我国 14 类环境优先控制污染的黑名单。目前, 苯胺在环境中的污染研究主要集中在水体, 水体污染的应急处理方法是投加水处理药剂, 国外已有利用 PAC (粉

末活性炭) 应对季节性水质变化和突发水污染事故的成功案例, 获得了好的处理效果<sup>[1~3]</sup>。傅金祥等<sup>[4]</sup>以浑河水为原水, 模拟突发苯胺污染事故, 通过投加 PAC 吸附水体中苯胺, 达到应急处理的效果。但有关苯胺污染陆地 (土壤) 的应急处置方法尚未见报道。

针对有机物污染的土壤, 目前主要有化学治理、物理治理等几种技术。

常见的化学治理技术包括化学焚烧法、化学清洗法、光化学降解法等。化学焚烧法是利用高温焚烧有机物以让有机物分解的方法, 是最为常用的治理有机污染土壤的方法。该方法的优点是能够完全地分解污染物, 缺点是在焚烧有机物的同时使土壤也遭到不可恢复的破坏。化学清洗法包括表面活性剂清洗法、有机溶剂清洗法等。Deitsh<sup>[5]</sup> 等用非离子表面活性剂 Tritonx-100 清洗土壤中三氯甲烷, 研究了 Tritonx-100 浓度, 土壤/污染物接触时间, 土壤有机碳含量等对清洗效果的影响。Roy<sup>[6]</sup> 等利用果皮中提取的生物表面活性剂清除土壤中的六六六时, 发现 1% 的这种活性剂去除效果是清水清洗土壤的 100 倍。Sahle Demessie<sup>[7]</sup> 等采用 2-丙醇, 甲醇等溶剂清洗土壤中高浓度的农药 DDT, 在土壤:溶剂为 6:1 时去除农药效果为 99%。在水污染处理领域, 光催化降解应用较多。在土壤污染领域, 光催化降解的研究主要集中在农药的降解上。但是, 光化学降解技术在土壤污染的治理方面的应用还不多。

收稿日期: 2013-05-07

基金项目: “水体污染控制与治理” 国家科技重大专项 (2009ZX07528-05)。

作者简介: 陈志刚 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 突发性有机物污染应急处理。

常见的物理治理技术包括挖掘填埋法、通风去污法。最为常见的物理治理方法是挖掘填埋法，该方法采用人工挖掘掉受污染的土壤，并将其送到指定地点进行填埋从而清除掉污染物。为了对土地进行再利用，可将未受污染的土壤填回被挖掉的地方。这种方法处理费用较高且只是对污染物进行了一次转移，未能真正达到清除污染物的目的。但是，对一些紧急情况下的土壤污染，采用这种方法是行之有效的。最近几十年来，发展了土壤通风去污技术，这是一种清除污染物的新方法，该方法能够清除掉一些具有挥发性的污染物，目前这种方法主要应用于清除泄漏到土壤中的石油。当液体污染物泄露到土壤中时，它将在土地中产生纵向和横向的迁移，最后存留在地下水界面之上的毛细管与土壤颗粒之间，由于有机烃类的高挥发性，可采用在受污染地区打井引发空气流经污染土壤区，使污染物加速挥发而被清除，这就是土壤通风去污的原理。研究表明，这种技术是高效的去污技术，其去污速度是化学清洗法和土壤挖掘法的5倍以上，但是其所需成本却不到化学清洗法和土壤挖掘法的1/10。

本文以苯胺为研究对象，通过试验研究苯胺在土壤中的迁移特征，提出合理的应急处理方法，为苯胺突发陆地污染提供应急处置依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

主要试剂：苯胺 ( $C_6H_5NH_2$ )，分析纯；硫酸氢钾 ( $KHSO_4$ )，分析纯；无水碳酸钠 ( $Na_2CO_3$ )，分析纯；亚硝酸钠 ( $NaNO_2$ )，分析纯；氨基磺酸铵 ( $NH_4SO_3NH_2$ )，分析纯；N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐，分析纯；硫酸，分析纯。

仪器：PVC圆管（长度为500mm）；UV-1700紫外可见分光光度计（岛津）。

### 1.2 土壤样品的采集与处理

试验所用土壤采自武汉东湖边，采样深度为0~200mm，样品经自然风干、研碎、过8mm筛，备用。土壤的基本性质见表1。

表1 土壤的基本性质

pH	土粒密度 /( $g/cm^3$ )	苯胺浓度 /( $mg/10g$ )土壤	含水量 /%	粒径
7.10	1.66	0.004	13.81	$\leq 8mm$

### 1.3 试验装置

试验采用PVC圆管（柱长为500mm，柱内径

为103.6mm，从上到下切成两半），每次取7kg经过筛分后的土壤填入PVC圆管（填土前将两半圆管用胶布固定），用力夯实，将苯胺从上面倒入土壤表层；取样时，将固定圆管的胶布撕开，在距土壤表层100mm、200mm、300mm、400mm高度的横截面上取厚度为10~20mm的土壤，取样面积为相应截面的半圆。

### 1.4 分析方法

土壤的预处理<sup>[8]</sup>：称取土壤10g加入100ml pH值为8~9的蒸馏水浸取过夜，后加热蒸馏，当馏出液接近80ml时停止加热，再加入20ml蒸馏水，继续蒸至尽干，至馏出液为100ml。馏出液中苯胺的测定采用N-(1-萘基)乙二胺偶氮分光光度法（GB 11889-89）。

### 1.5 试验方法

#### 1.5.1 土壤吸附苯胺动力学试验

动力学试验以Batch法进行。各称取2g土样于9只50ml具盖玻璃离心管中，用移液管分别加入20.00ml相同浓度的苯胺溶液，以铝箔衬在盖子内侧，盖紧盖子，水浴保持恒温。试验开始的8h连续振荡，然后每隔2h振荡1次，每次15min，分别于0.5、1、2、4、6、8、12、24h取1份进行离心分离（2500r/min），取适量上清液于50ml容量瓶中测定苯胺浓度。土壤对苯胺的吸附量以苯胺的起始浓度减去某一时刻上清液中苯胺浓度，所得之差即为土壤对苯胺的吸附量。

#### 1.5.2 苯胺在土壤中的迁移试验

为了研究苯胺污染土壤后其在纵深方向的迁移过程，将50g苯胺倒入装有土壤的PVC圆管中，每隔一定时间分别取不同高度（距土壤表层100mm、200mm、300mm、400mm）的土壤，检测其中苯胺浓度（ $mg/10g$ 土壤），找出苯胺浓度和土壤深度之间对应的函数关系。

#### 1.5.3 苯胺污染土壤的应急处理

应急处理方法一：将50g苯胺倒入装有土壤的PVC圆管中，待苯胺渗透0.5h后挖掉距表面50mm的土壤，每隔一定时间分别取不同高度（距土壤表层100mm、200mm、300mm、400mm）的土壤，检测其中苯胺浓度（ $mg/10g$ 土壤）。

应急处理方法二：将50g苯胺倒入装有土壤的PVC圆管中，10min后用10g粉末活性炭覆盖在土壤表面，每隔一定时间分别取不同高度（距土壤表层100mm、200mm、300mm、400mm）的土壤，检测其中苯胺浓度（ $mg/10g$ 土壤）。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤吸附苯胺动力学试验

土壤对苯胺吸附的动力学曲线见图1。从图1可知：土壤对苯胺吸附动力学曲线呈现两段型动力学特征，即快速反应阶段与慢速反应阶段，土壤吸附苯胺的快速反应阶段为0~6h，慢速反应阶段在6~24h，即土壤吸附苯胺在6h左右可达到平衡。

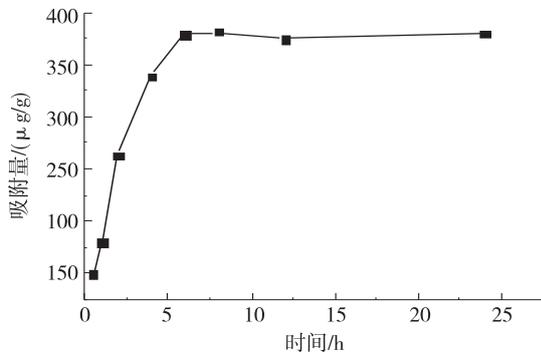


图1 苯胺在土壤中的吸附曲线

#### 2.1.1 土壤吸附苯胺动力学速度参数

土壤对苯胺的吸附包括物理吸附和化学吸附两种模式。物理吸附是指土壤中所含的有机物对苯胺的疏水吸附，这种吸附易于发生，速度较快；而化学吸附是指土壤中的粘粒矿物和苯胺间发生的化学吸附，这种吸附方式具有活化能高、吸附速率慢的特点。为了考察各吸附阶段的变化，定义以下速度参数以分析苯胺吸附速度变化的特点，所定义的各项速度的单位均为  $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ <sup>[9]</sup>。

(1) 起始吸附速度  $\nu_{0.5}$  定义为 0.5h 时的吸附速度，0.5h 时土样吸附量  $S_{0.5}$  与时间 0.5h 之比值，即  $\nu_{0.5} = S_{0.5}/0.5$ ，由于 0.5h 是实验中取样时间最短的，可用来描述在吸附起始阶段的吸附速度。

(2) 快速反应阶段平均速度  $\nu_f$  定义为快速吸附阶段的平均速度，为快速吸附阶段直线段斜率。

(3) 总反应平均速度  $\nu_t$  定义为从吸附起始到试验最后时刻（按试验设计为 24h），土样总吸附量  $S_t$  与总时间  $t_t$  之比值，即  $\nu_t = S_t/t_t$ ，其包括快速吸附和慢速吸附的总平均吸附反应速度。

各项速度特征参数  $\nu_t$ 、 $\nu_{0.5}$ 、 $\nu_f$  的结果见表 2。

表 2 试验土壤中苯胺的吸附速度参数

温度/℃	加入浓度 /(mg/L)	$\nu_t$	$\nu_{0.5}$	$\nu_f$
		/( $\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{h}$ )		
25	50	15.79	298	41.85

表 2 的结果表明：土壤吸附苯胺的起始吸附速度远大于总反应的平均速度，并且快速反应阶段的

速度也远大于总反应的平均速度，这说明土壤对苯胺的吸附主要集中在快速反应阶段；快速反应阶段的吸附以物理吸附为主，在慢速反应阶段，物理吸附点位基本上达到饱和，转而以化学吸附为主，化学吸附的阻力远大于物理吸附，这是土壤对苯胺的吸附主要以快速吸附为主的原因。

#### 2.1.2 土壤吸附苯胺快速反应阶段动力学方程

通常土壤吸附过程不能用单一的方程描述测定范围内的变化规律，需要根据相关系数和标准差的大小分段描述。研究结果显示<sup>[10]</sup>，如果  $(dS_t/dt)^{-1}$  与  $t$ （横坐标）的关系曲线是上凸的，则宜用幂函数方程描述；如果关系是线性的，则采用 Elovich 方程描述；如果关系曲线为下凹的宜采用一级反应方程式描述。不符合上述三种情况的要根据具体的数据分析拟合恰当的方程。

土壤吸附苯胺快速反应阶段的吸附物质反应速率可用一级  $\ln c_t = \ln c_0 - kt$  或二级  $1/c_t = 1/c_0 + kt$  方程表示， $c_t$  为  $t$  时刻水相的浓度， $c_0$  为 0.5h 后初始浓度，其回归参数、拟合得到快速反应阶段的一级反应和二级反应方程如表 3。

表 3 回归参数表

反应级数	拟合方程	反应速率常数	$r^2$
一级反应	$y = 3.789 - 0.0428x$	0.0428	0.9500
二级反应	$y = 0.0225 + 0.0011x$	0.0011	0.9650

由表 3 可知，二级反应的相关系数和一级反应的相关系数接近，如果  $(dS_t/dt)^{-1}$  与  $t$ （横坐标）的关系曲线为下凹的宜采用一级反应方程式描述，但是，通过对图 1 快速反应阶段做导数分析，发现  $(dS_t/dt)^{-1}$  与  $t$ （横坐标）的关系曲线不满足下凹的情况，因此，选用二级反应方程比一级反应能够更好地描述快速反应阶段的吸附过程，其拟合方程为  $1/c_t = 0.0225 + 0.0011t$ 。

### 2.2 苯胺在土壤中的迁移试验

苯胺在土壤中的纵深迁移受到了土壤颗粒表面的吸附作用，通过上述土壤吸附苯胺的动力学实验可知，在 0~6h 内土壤对苯胺的吸附以物理吸附为主，且吸附量较大；当物理吸附达到饱和，土壤对苯胺的吸附以化学吸附为主，且吸附量很小。为了研究苯胺在土壤中纵向迁移的浓度分布，每隔一定时间分别取不同高度（距土壤表层 100mm、200mm、300mm、400mm）的土壤，检测其中苯胺浓度（mg/10g 土壤）。然后找出苯胺浓度和土壤深度之间的函数关系。

苯胺在土壤中纵向迁移的浓度分布见表4。

表4 苯胺在土壤中的浓度分布

时间/h	高度/(mm)			
	100	200	300	400
0.5	1.305	0.011	0.012	0.017
1	0.092	0.023	0.015	0.021
3	0.014	0.045	0.031	0.018
6	0.501	0.623	0.013	0.031
9	0.017	0.073	0.034	0.012
24	0.383	0.008	0.006	0.005

由表4可知, 0.5h时, 在离表面100mm高度处, 苯胺的浓度为1.305mg/10g土壤, 以下逐层递减, 即浓度由表层向深层递减, 可用负指数方程  $y = 83.255e^{-4.16x} + 0.0066$ ,  $r^2 = 0.9996$  ( $y$ 为苯胺浓度mg/L,  $x$ 为土层深度mm) 表征其浓度与深度的关系。

表4还说明, 苯胺在土壤中的迁移主要集中在深度<100mm的土层中, 在400mm高度处24h时, 苯胺的浓度只有0.005mg/10g土壤, 只有100mm处苯胺浓度的0.4%, 表明苯胺在土壤中的扩散速度很慢。一旦发生苯胺泄露至土壤中的事件, 只要处置及时, 苯胺对深处土壤的污染较小。

### 2.3 苯胺污染土壤的应急处理方法

土壤被污染后的治理技术主要有物理治理技术、化学治理技术、微生物治理技术和植物治理技术等几种。其中物理治理技术包括挖掘填埋法、通风去污法等; 化学治理技术包括化学焚烧法、化学清洗法、光化学降解法等; 微生物降解法主要是利用生物的生命代谢活动减少环境中有毒有害物质的浓度或使其完全无害化, 从而使污染的环境能部分地或完全地恢复到原初状态; 植物治理技术主要包括植物对污染物的直接吸收, 植物释放的分泌物和酶刺激微生物的活性加强其生物转化作用, 植物根区对有机物的矿化作用。

上述几种治理技术各有优劣, 结合应急处理技术必须快速、有效、实用等特点, 本文采用了挖掘法和活性炭吸附法应急处理苯胺污染。

#### 2.3.1 应急处理方法一: 挖掘法

挖掘法是最常见的物理治理方法, 特别是对突发性环境污染能起到有效的治理。针对苯胺突发事故对土壤的污染, 采取待苯胺泄露至土壤0.5h后挖掘移出表层50mm的已污染土壤, 监测不同时间和不同深度苯胺的浓度, 考察该应急方法的处理效果, 挖掘处理后土壤中苯胺的浓度分布见表5。

表5 挖掘处理后土壤中苯胺的浓度分布

时间/h	高度/mm			
	100	200	300	400
0.5	0.327	0.087	0.045	0.051
1	0.092	0.031	0.031	0.021
3	0.029	0.031	0.031	0.048
6	0.501	0.039	0.056	0.090
9	0.929	0.138	0.253	0.063
24	0.144	0.018	0.064	0.023

对比表4和表5可知, 未经任何处理时, 苯胺在0.5h, 100mm深度处的浓度为1.305mg/10g土壤; 经挖掘处理后, 苯胺在0.5h, 100mm深度处的浓度为0.327mg/10g土壤, 苯胺的浓度减少了75%, 这说明土壤在污染后0.5h内挖掘移出表层50mm土壤能起到很好的效果。

根据表2土壤对苯胺的吸附速度参数可知, 在0.5h内土壤对苯胺的吸附速度远远大于快速反应阶段和慢速反应阶段的速度。因此, 土壤对苯胺的吸附主要集中在0.5h内。由表4苯胺在土壤中的浓度分布可知, 苯胺在土壤中的迁移主要集中在深度<100mm的土层中。所以, 0.5h内挖掘移出表层50mm的被污染土壤是一种行之有效的应急处理方法。

#### 2.3.2 应急处理方法二: 粉末活性炭吸附法

采用粉末活性炭吸附法应对苯胺突发事故对土壤的污染, 是利用粉末活性炭吸附土壤中的苯胺, 降低苯胺在土壤中的浓度, 其吸附效果见表6。

表6 粉末活性炭吸附后土壤中苯胺的浓度分布

时间/h	高度/mm			
	100	200	300	400
0.5	0.025	0.050	0.028	0.060
1	0.023	0.019	0.128	0.403
3	0.051	0.026	0.031	0.019
6	0.089	0.822	0.027	0.025
9	0.158	0.059	0.034	0.023
24	0.123	0.058	0.036	0.042

对比表4和表6可知, 0.5h时, 未经任何处理的污染土壤, 苯胺在100mm深度处的浓度为1.305mg/10g土壤; 经粉末活性炭吸附后, 苯胺在100mm深度处的浓度为0.025mg/10g土壤, 其去除率为98%。由此可知, 当苯胺泄露至土壤上, 待其未完全渗透至土壤中时用粉末活性炭覆盖被污染的土壤表面, 可以显著减少苯胺在土壤中的迁移。

通过表 4、表 5、表 6 可知, 24h 时, 苯胺在 400mm 深度处的浓度都很小, 这进一步证明了苯胺在土壤中的迁移主要集中在深度 < 100mm 的土壤中。只要当污染发生时采取合理及时的措施, 苯胺对土壤污染的程度可以得到显著的降低。

### 3 结论

(1) 土壤对苯胺的吸附呈快速反应与慢速反应两段型动力学特征, 以快速吸附反应为主, 快速反应阶段可用二级动力学方程描述。

(2) 土壤表层受苯胺污染后, 苯胺的浓度随深度的变化可用指数方程  $y = 83.255e^{-4.16x} + 0.0066$  表示, 该方程对估测苯胺对深层土壤的污染有一定参考价值。

(3) 当土壤表层被苯胺污染后, 在 0.5h 内挖掘移出被污染 50mm 的表面土壤, 及立即采取粉末活性炭覆盖, 均可显著降低苯胺对土壤的污染。

#### 参考文献:

- [1] Newcombe G, Cook D. Influences on the removal of tastes and odours by PAC [J]. Water Supply Research and Technology, 2002, 51 (8): 463 - 474.
- [2] Mitner R J. Treatment of seasonal pesticides in surface waters [J]. Journal of the American Water Works Association, 1989, 81 (1): 43 - 52.
- [3] Najm I N, Koch B. Powdered activated carbon in drinking water treatment: a critical review [J]. Journal of the American Water Works Association, 1991, 83 (1): 74 - 76.
- [4] Fu Jinxiang, Wang Feng, Li Jingbao, et al. Powdered activated carbon adsorption for emergency treatment of aniline contamination [J]. Environmental Pollution and Control, 2007, 29 (8): 689 - 692.
- [5] Detish J J, Smith. J A. Sorption of nonionic organic contaminants to single and dual organic cation bentonites from water. [J]. Environmental Science and Technology, 1995, 29 (4): 1069.
- [6] Roy D K, Kommalapati R. Soil washing potential of a natural surfactant [J]. Environmental Science and Technology, 1997, 31 (3): 610.
- [7] Shale R K, Demessie E. Sorption and desorption of atrazine by sludge and ended soil [J]. Environmental progress, 1996, 15 (3): 173.
- [8] Feng Huifang, Zhang Sihui. Study of the determination of aniline contamination in the soil [J]. Journal of Agro - environmental Science, 1993, 12 (2): 91 - 92.
- [9] Meng Zhaofu, Deng Jing, Yang Shuying, et al. Adsorption kinetics of phenol on organic modified Lou soil [J]. Environmental Science, 2009, 30 (1): 191 - 199.
- [10] Li Fahu. Soil physicochemistry [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 198 - 199.

## Simulated Study on the Migration of Aniline and Emergency Treatment of Aniline Contamination in the Soils

CHEN Zhi-gang<sup>1,2</sup>, YU Ping<sup>1</sup>, LUO Yun-bai<sup>1</sup>, GUO Xin-liang<sup>1</sup>

(1. Chemical and Environmental Unit of Yunnan Electric Power Academy, Yunnan Kunming 650217, China)

**Abstract:** The dynamics of soil adsorption characteristics of aniline has been studied by Batch method. In the column tests, the diffusion of aniline in the soils was simulated and the two emergency treatment methods were studied as well. The results show that the adsorption of aniline experienced two stages, that is, fast adsorption and slow adsorption, but mainly the former. The concentration and depth of the aniline migrating in the soils could be expressed by an exponential equation. The experiments of adsorption dynamics and migration show that there are two efficient emergency treatment methods, that is, digging up the 50mm - thick layer of the contaminated soil below the surface and spraying the powder of the activated carbon on the contaminated surface.

**Key words:** aniline pollution; soil; emergency treatment; simulation; experiment; study

# 兰坪铅锌矿区周边农田土壤—玉米体系 Pb 含量及其污染特征研究

杨炳旭

(剑川县环境监测站, 云南 剑川 671300)

**摘要:**以云南省兰坪县铅锌矿周边农田为研究对象,测定和分析其上生长的玉米植株及其根部土壤 Pb 含量,结果表明:①云南省兰坪县铅锌矿周边农田生长的玉米根、茎、叶和籽实 Pb 的平均含量分别为 219.17mg/kg、99.2mg/kg、142.86mg/kg、79.18mg/kg;②云南省兰坪县铅锌矿周边农田土壤 Pb 含量为 1126.12~3640.25mg/kg,是我国土壤环境质量标准(GB15618—1995)的 7.5~25.8 倍;③13 个玉米样品籽实 Pb 含量超过了我国粮食卫生标准(NY 861—2004)的 19.1~588.9 倍;④玉米根部土壤 Pb 含量和玉米叶片中的 Pb 含量呈极显著正相关。

**关键词:**铅锌矿区;农田;土壤;玉米;铅;含量;特征;研究

**中图分类号:**X13 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)05-0006-04

## 1 前言

云南省不仅是动植物王国,同时也是有色金属王国。云南的矿产资源种类繁多,储量在我国位居前列,分布广泛,开发利用率高,矿业经济发展迅速。有色金属矿的开采和冶炼是重金属进入生物圈的重要途径<sup>[1]</sup>,再加上产业布局 and 结构不合理,资源无序开采、企业的治理水平低,环境监管能力不足、对重金属污染重视不够等原因,重金属在环境或生态系统中长时间存留、积累和迁移造成一些重金属矿区及周边土壤重金属污染严重,在部分蔬菜、茶叶、三七等农产品中出现重金属超标问题。重金属污染对云南省环境质量、食品安全和农业可持续发展构成了严重威胁<sup>[2-3]</sup>。

土壤作为环境的主要组成部分,不仅提供人类生存所需的各种营养物质,而且接受来自工业和生活废水、固体废物、农药化肥及大气降尘等物质的污染。重金属以其在土壤中难降解、毒性强、具有积累效应等特征受到科学家们的广泛关注<sup>[4-5]</sup>。土壤重金属污染物主要有汞、镉、铅、铜、铬、砷、镍、铁、锰、锌等。重金属对土壤的污染基本上是一个不可逆转的过程<sup>[6-8]</sup>。其中,铅在土壤中易与有机物结合,极不易溶解;土壤铅多发现在表层土,表土铅在土壤中几乎不向下移动。铅对植物的危害表现为使叶绿素含量下降,阻碍植物的呼吸及光合作用;铅对人的危

害则是累积中毒<sup>[9-10]</sup>。

云南兰坪铅锌矿位于云南省怒江州兰坪白族普米族自治县金鼎镇东 3.5km 的凤凰山,是我国迄今探明储量最大的铅锌矿床,也是亚洲第一、世界第四大铅锌矿,矿区探明铅锌金属总储量达 1429 万 t。其铅锌尾矿规模大,周边农田污染较为严重。因此,研究兰坪铅锌矿周边农田土壤及玉米重金属 Pb 污染状况,采取有效措施,减少重金属 Pb 通过食物链进入人体有重要意义<sup>[11-12]</sup>。

## 2 材料和方法

### 2.1 采样地

样品采集于 2012 年 9 月,供试的 13 个玉米样和对应的土样采自哨上矿区和大龙老矿区,分别编号为 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13,表 1 是各个采样地点的海拔高度及经纬度。

### 2.2 土壤和玉米样品采集与处理

#### 2.2.1 土壤和玉米的采样方法和过程

在玉米植株的收获期进行采样;避开路边、田埂、沟边、肥堆、污染严重等特殊地段,在 13 个采样点采集样品;将玉米连根拔起,玉米全株保留并弯折装袋做好标记;同时采集根区土壤,以根系分布深度确定采集深度,取土样至 1.5 kg 左右;将土样捏碎并做好对应标记;运往实验室储存备用。

#### 2.2.2 样品处理

将从野外采集回来的土壤—玉米体系登记编号。

表 1 采样地概况

编号	采样地点	海拔/m	纬度	经度
1	哨上矿区	2710	N 26°18'49.4"	E 99°42'41.5"
2	哨上矿区	2680	N 26°18'58.7"	E 99°42'48.1"
3	哨上矿区	2690	N 26°18'02.9"	E 99°42'27.8"
4	哨上矿区	2718	N 26°18'32.0"	E 99°41'08.8"
5	哨上矿区	2512	N 26°14'36.7"	E 99°37'12.7"
6	哨上矿区	2651	N 26°14'37.2"	E 99°37'12.2"
7	大龙老矿区	2413	N 26°14'16.5"	E 99°37'27.8"
8	大龙老矿区	2317	N 26°14'17.1"	E 99°37'24.6"
9	大龙老矿区	2612	N 26°19'39.3"	E 99°36'52.0"
10	大龙老矿区	2539	N 26°18'26.7"	E 99°37'23.4"
11	大龙老矿区	2550	N 26°18'20.1"	E 99°37'21.5"
12	大龙老矿区	2559	N 26°18'11.7"	E 99°37'26.3"
13	大龙老矿区	2463	N 26°18'00.8"	E 99°37'27.7"

土壤：首先将土壤摊成薄薄的一层，置于室内通风自然阴干，在土样半干时，需将大土块捏碎，以免完全干后结成硬块，难以磨细。把风干后的土样，放在事先准备好的平面硬纸上用木棍研细，以便其通过 0.25 mm 的筛子。最后用 0.25 mm 的筛子过筛备用。

玉米：用水将采集回来的玉米洗干净，把玉米的根、茎、叶、果实分别装进不同的信封里放进烘箱进行烘干，首先在 105 °C 的高温条件下杀菌 30 min，然后再在 70 °C 的环境下烘干 2d。烘干后拿出碾碎备用。

## 2.3 测定方法

### 2.3.1 土壤 pH 值的测定

土壤 pH 值采用 pHS—3C 型精密 pH 计测定，水土比 2.5:1。称取通过 0.25 mm 孔径筛子的风干土样，放入烧杯中，加入蒸馏水 25 ml，用玻璃棒搅拌 1min，使土体充分散开，放置 0.5h，此时应避免空气中有氨或挥发性酸的影响，然后用酸度计测定<sup>[13]</sup>。

### 2.3.2 土壤 Pb 含量的测定

称取通过 0.25 mm 孔径尼龙筛的风干土 5.000 g，置于 150 ml 的三角瓶中，用少量水湿润样品，加王水 20 ml，轻轻摇匀，盖上小漏斗，过夜，置于电热板或电砂锅上，在通风橱中低温加热至微沸（140 ~ 160 °C），待棕色氮氧化物基本赶完后取下冷却。沿壁加入高氯酸 10 ~ 20 ml（视样品中有机质的含量而定），继续加热消化产生浓白烟挥发大部分高氯酸，三角瓶中样品呈灰白色糊状，取下冷却。用水约 20 ml 洗涤容器内壁，摇匀，以中速定量滤纸过滤到 100 ml 容量瓶中再用热水洗涤残渣 3

~4 次，冷却后用水定容。同时做空白试验<sup>[14]</sup>。而后用分光光度计测其含 Pb 浓度。

### 2.3.3 玉米根、茎、叶、果实 Pb 含量测定

分别称取通过 0.25 mm 筛根、茎、叶、果实 1.000 g，分别置于 150 ml 的三角瓶中，用少量水湿润样品，加入硝酸:高氯酸 = 3:1 的混合液 20 ml，轻轻摇匀，盖上小漏斗，过夜，置于电热板或电砂锅上，在通风橱中低温加热至微沸（140 ~ 160 °C），待棕色氮氧化物基本赶完后取下冷却。沿壁加入高氯酸 10 ~ 20 ml（视样品中有机质的含量而定），继续加热消化产生浓白烟挥发大部分高氯酸，三角瓶中样品呈灰白色糊状，取下冷却。用水约 20 ml 洗涤容器内壁，摇匀，以中速定量滤纸过滤到 100 ml 容量瓶中再用热水洗涤残渣 3 ~ 4 次，冷却后用水定容。同时做空白试验。而后用原子吸收分光光度计测其含 Pb 浓度。

## 2.4 数据统计与处理

运用 SPSS 17.0 进行方差分析和相关性分析，运用 Microsoft Word 2007 进行图表绘制。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤 pH 值及其 Pb 含量

如表 2 和表 3 所示，兰坪铅锌矿区土壤 pH 值为 5.15 ~ 7.54，其中 1、4、8、9、11 这 5 个采样点的土壤偏碱性，其他采样点偏酸性。

表 2 土壤 pH 值

样品编号	土壤 pH 值	土壤中 Pb 含量/(mg/kg)
1	7.22	3473.75 ± 44.31
2	6.91	1126.12 ± 0.24
3	5.50	2580.75 ± 113.30
4	7.40	1333.00 ± 0.06
5	5.90	2236.25 ± 5.05
6	5.15	2049.50 ± 21.36
7	6.88	3640.25 ± 196.15
8	7.44	2587.50 ± 16.45
9	7.34	1984.00 ± 113.45
10	6.35	1153.32 ± 0.60
11	7.54	1277.20 ± 8.83
12	6.14	1166.79 ± 0.76
13	5.72	1268.17 ± 3.10

表 3 标准极限

		(mg/kg)		
元素	土壤环境质量标准(GB15618-1995)			粮食卫生标准(NY 861-2004)
	pH 值 < 6.5	6.5 < pH 值 < 7.5	pH 值 > 7.5	
Pb	100	150	150	0.2

土壤 Pb 含量 1126.12 ~ 3640.25 mg/kg, 平均含量 1990.51 mg/kg。玉米中重金属选用国家粮食二级标准及土壤环境质量标准 (GB15618 - 1995) 为评价标准<sup>[15]</sup>。13 个土壤样品中 Pb 含量超出相应 pH 值条件下土壤重金属 Pb 限量标准 7.5 ~ 25.8 倍。13 个土壤样品的 Pb 含量存在一定差异, 变异系数为 44 %, 各点 Pb 含量的离散程度大。

1 号样品采自废弃矿山, 很多矿石还未进行冶炼, 所以土壤的 Pb 含量很高, 而 5、6、7、8、9 号样品采自驰宏公司附近的农田, 驰宏公司是兰坪大型的铅锌矿冶炼厂, 附近堆积了大量的矿渣, 旁边的农田受到了很大的影响, 所以 Pb 含量也很高。

### 3.2 玉米植株 Pb 含量

如表 4 和表 5 所示, 兰坪铅锌矿区玉米根 Pb 含量为 57.15 ~ 516.18 mg/kg, 平均含量 219.17 mg/kg。13 个玉米根样品中的 Pb 含量存在一定差异, 它们之间的变异系数为 57 %, 各点 Pb 含量的离散程度较大。

玉米茎 Pb 含量为 55.25 ~ 138.95 mg/kg, 平均含量为 99.20 mg/kg, 它们之间的变异系数为 30 %, 各点 Pb 含量的离散程度不大。

玉米叶 Pb 含量为 70.78 ~ 230.90 mg/kg, 平均含量为 142.83 mg/kg, 它们之间的变异系数为 41 %, 各点 Pb 含量的离散程度大。

玉米籽实中的 Pb 含量为 38.13 ~ 117.78 mg/kg, 平均值为 79.18 mg/kg, 与玉米根、茎、叶中的 Pb 含量相比较, 在玉米籽实中 Pb 的含量相对较低。与国家颁布的《粮食卫生标准 (NY861 - 2004)》中玉米籽实二级标准 Pb = 0.2 mg/kg 比较发现, 13 个样品玉米籽实样品的 Pb 含量都远远高于国家粮食标准, 超过了 19.1 ~ 588.9 倍。13 个玉米籽实样品的 Pb 含量存在一定差异, 之间的变异系数为 33 %, 各点 Pb 含量的离散程度不大。

矿区栽培玉米中不同部位重金属 Pb 含量的高低顺序为根 > 叶 > 茎 > 籽实, 具体平均数值为 219.17、142.86、99.2、79.18 mg/kg, 根中最高, 籽实中最少, 根与籽实 Pb 含量比值达 2.8 倍, 籽实中 Pb 含量严重超标<sup>[15]</sup>。

### 3.3 玉米和土壤中重金属 Pb 含量之间的相关性分析

如表 6 所示, 从相关系数看, 兰坪铅锌矿区土壤的 Pb 含量和玉米叶片中的 Pb 含量的相关系数为 0.87, 达到了极显著正相关关系 ( $p < 0.01$ )。而根、茎中的 Pb 含量与土壤的 Pb 含量的相关系数分

别为 0.58、0.63, 达到显著的正相关关系 ( $p < 0.05$ ); 籽实中的 Pb 含量与土壤的 Pb 含量的相关系数为 0.40, 没有显著相关性 ( $p > 0.05$ )。

表 4 玉米根、茎、叶、籽实中 Pb 含量 (mg/kg)

样品编号	根	茎	叶	籽实
1	237.28 ± 2.38	103.08 ± 1.46	201.25 ± 0.95	68.15 ± 0.84
2	120.75 ± 0.75	55.25 ± 0.46	70.78 ± 0.48	47.55 ± 0.81
3	202.15 ± 1.33	134.58 ± 9.57	228.45 ± 0.58	100.13 ± 0.27
4	257.95 ± 0.61	115.20 ± 3.78	114.40 ± 1.13	117.78 ± 3.59
5	372.68 ± 30.44	130.80 ± 1.41	144.80 ± 0.92	73.15 ± 1.82
6	286.35 ± 3.95	100.20 ± 0.17	165.30 ± 1.07	98.85 ± 1.93
7	256.48 ± 5.82	102.23 ± 3.85	180.15 ± 2.66	93.10 ± 0.52
8	516.18 ± 9.48	128.15 ± 0.35	230.90 ± 3.06	110.83 ± 3.33
9	189.80 ± 4.94	138.95 ± 0.38	183.33 ± 0.27	94.10 ± 0.75
10	111.48 ± 15.72	62.53 ± 0.91	77.88 ± 1.14	40.23 ± 0.79
11	57.15 ± 5.69	61.45 ± 0.75	75.88 ± 1.54	38.13 ± 0.45
12	137.25 ± 3.90	72.03 ± 2.96	82.13 ± 2.70	70.13 ± 0.42
13	103.68 ± 6.25	85.15 ± 1.41	101.90 ± 1.24	77.30 ± 0.72

表 5 土壤和玉米根、茎、叶、籽实中 Pb 含量的标准差和变异系数

	土壤	玉米根	玉米茎	玉米叶	玉米籽实
标准差	879.39	125.25	29.70	59.23	26.11
变异系数	0.44	0.57	0.30	0.41	0.33

表 6 玉米不同部位 Pb 含量与土壤 Pb 含量的相关系数

	玉米根	玉米茎	玉米叶	玉米籽实
相关系数	0.58	0.63	0.87	0.40

## 4 讨论

根据矿区土壤及玉米植株不同部位重金属 Pb 含量的测试结果, 可知无论土壤还是玉米植株, 他们的重金属 Pb 含量都严重超标。

由于受自然矿体和开采活动的影响, 兰坪铅锌矿区周边农田土壤受到 Pb 重金属的污染, 而且在种植的玉米作物体内富集<sup>[16]</sup>。兰坪铅锌矿区周边农田的铅污染问题十分严峻, 对该区采取环境保护措施已迫在眉睫。根据玉米不同部位的积累规律, 应及早采取适宜措施, 减少重金属在玉米籽实中的富集, 降低 Pb 通过食物链对人畜健康的危害<sup>[17]</sup>。鉴于兰坪县铅锌矿区周边农田玉米重金属 Pb 含量普遍超标, 建议矿区种植其它低累积作物或林木和花草等经济植物, 谨慎种植直接食用的粮食作物, 从而避免和减少矿区土壤重金属 Pb 在食物链中的传输和对人畜健康的直接威胁<sup>[17]</sup>。

## 5 结论

(1) 兰坪铅锌矿区土壤的 Pb 含量超过了相应 pH 条件下的土壤环境质量标准 (GB15618-1995), 超过了 7.5~25.8 倍。玉米籽实中的 Pb 含量超过了粮食卫生标准 (NY 861-2004) 二级标准, 且含量超过了 19.1~588.9 倍。

(2) 兰坪铅锌矿区周边农田土壤—玉米体系中, 玉米根中的 Pb 含量离散程度较大, 土壤、叶中 Pb 含量离散程度大, 茎、籽实中 Pb 含量离散程度不大。

(3) 兰坪铅锌矿区周边农田土壤—玉米体系中, 土壤的 Pb 含量和玉米叶片中的 Pb 含量达到了极显著正相关, 根、茎中的 Pb 含量与土壤的 Pb 含量达到显著的正相关, 而籽实中的 Pb 含量与土壤的 Pb 含量没有显著的相关性。

(4) 重金属 Pb 在玉米不同部位中含量的高低顺序为: 根 > 叶 > 茎 > 籽实。玉米植株地下部分重金属 Pb 吸收量高于地上部分, Pb 在玉米植株中的累积主要集中在根部, 虽然籽实中的含量最小, 但已远远超过国家粮食卫生标准二级标准。

### 参考文献:

- [1] 李永华, 杨林生, 姬艳芳, 等. 铅锌矿区土壤—植物系统中植物吸收铅的研究 [J]. 环境科学, 2008, 29 (1): 196-201.
- [2] 武军, 黄玉, 于强. 云南矿山环境保护与整治建议 [J]. 中国工程科学, 2005, 7 (增刊): 397-400.
- [3] 张晓林, 王红华, 潘艳华, 等. 云南基本农田环境质量的问题与监控 [J]. 西南农业学报, 2006, 19 (增刊): 137-141.
- [4] 高太忠, 李景印. 土壤重金属污染研究与治理现状 [J]. 1999, 8 (2): 137-140.
- [5] 顾济沧, 赵娟. 云南省土壤重金属污染现状及治理技术研究 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29 (5): 68-71.
- [6] 任治忠. 云南环境保护主要问题及对策研究 [J]. 地理科学进展, 2011, 30 (5): 563-568.
- [7] 王学刚, 王光辉, 刘金生. 矿区重金属污染土壤的修复技术研究现状 [J]. 工业安全与环保, 2010, 36 (4): 29-31.
- [8] 李文一, 徐卫红, 李仰锐, 等. 土壤重金属污染的植物修复研究进展 [J]. 污染防治技术, 2006, 19 (2): 18-22.
- [9] 王海慧, 罗瑛, 高玲, 等. 土壤重金属污染及植物修复技术 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (11): 210-214.
- [10] 湛方栋, 何永美, 李元, 等. 云南兰坪废弃铅锌矿区和非矿区小花南芥根际真菌的耐镉性 [J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16 (4): 572-576.
- [11] 王宇, 李亚东, 曹国军, 等. 长春地区土壤重金属含量及其在玉米籽粒中的积累规律 [J]. 玉米科学, 2008, 16 (2): 80-87.
- [12] 房辉, 曹敏. 云南兰坪废弃铅锌矿重金属污染评价 [J]. 生态学杂志, 2009, 28 (7): 1277-1283.
- [13] 陈国栋. 凤县银洞梁铅锌矿区重金属污染研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2010.
- [14] 鲍士旦, 秦怀英. 土壤农化分析 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 373-374.
- [15] 吴迪, 李存雄, 邓琴, 等. 典型铅锌矿区土壤—农作物体系重金属含量及污染特征分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (2): 849-851.
- [16] 顾继光. 青城子铅锌矿区土壤—作物系统中的重金属及其富集特征研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2003.
- [17] 顾继光. 不同作物品种对重金属的积累特性及农产品品质安全 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2003.

## Contents and Pollution Characteristics of Pb in the Soil of Maize Field around Lead-Zinc Mine Area in Lanping County

YANG Bing-xu

(Jianchuan County Monitoring Station, Jianchuan Yunnan 671300 China)

**Abstract:** The adjacent farmlands to the lead-zinc mine area in Lanping were selected to determine and analyze the content of Pb of the maize plant and the root soil. The results show that: ① the average contents of Pb in the roots, stems, leaves and seeds of corn were respectively 99.2, 219.17, 142.86 and 79.18 mg/kg; ② the content of Pb in its farmland soil was 1126.12~3640.25 mg/kg, 7.5~25.8 times more than the standard amount according to the Chinese Soil Environmental Quality Standard (GB15618—1995); ③ the contents of Pb in the 13 corn seed samples was 19.1~588.9 times more than the food hygiene standard (NY 861—2004) in China; ④ there was a very significant positive correlation between Pb contents of the root soil and the corn leaves.

**Key words:** lead-zinc mine area; farmland; soil; corn; lead; content; characteristics; research

# 运用盐充法测量双壳贝类的壳腔体积

杨红伟<sup>1</sup>, 黄宏<sup>1</sup>, 朱静敏<sup>2</sup>, 吴粒较<sup>2</sup>, 施华宏<sup>2</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

**摘要:**以长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 和紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 为例, 研究了以食盐为填充物 (盐充法) 测量贝类壳腔体积的测量方法, 并运用“水容法”进行验证。对两种贝类的测量结果表明, 两种方法测得的壳腔容积结果相近, 均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。但运用盐充法测量牡蛎壳腔体积是水容法效率的 8.4 倍, 测量贻贝壳腔体积的效率是水容法的 6.2 倍。由此可见, 运用盐充法测量双壳类的壳腔体积具有操作简便和高效的特点, 可广泛应用于贝类生理、生态和环境科学等领域的研究中。

**关键词:** 双壳类; 壳腔容积; 盐充法; 测量

**中图分类号:** X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0010-04

贝类壳体大小、形状和重量是其生命历史中一些最基本的生态信息, 与其生长的环境有关。因此贝类壳体的形态学指标不但可以简单、直观地反映出其发育特征和畸形状况, 还可表征其生长时周围的综合环境状况<sup>[1,2]</sup>。大量研究表明, 重金属、悬沙颗粒和有机锡化合物等均可导致贝类壳体产生畸形现象<sup>[3-5]</sup>, 特别是有机锡化合物可使牡蛎壳大幅增厚而成为球形<sup>[6]</sup>。一些贝类的壳畸形指标已不断被应用到环境状况的评价中<sup>[7,8]</sup>, 其中, 表征双壳类膨大程度的壳体积指数 ( $VI$ , volume index,  $VI = \text{闭合时总体积} / \text{壳腔容积}$ ) 和表征贝类肉体肥满度的条件指数 ( $CI$ , Condition Index,  $CI = \text{肉体干重} \times 1000 / \text{壳腔容积}$ ) 为两项重要指标<sup>[9]</sup>。建立一种壳腔容积测量的精准方法是决定两指数是否准确的关键。

双壳贝类的双壳的形状一般不规则, 双壳闭合时因软体的存在难以测量其容积, 而双壳分开后又不宜使其复合为完全密闭体, 这一特点给壳腔容积的测量带来一定困难。且测量方法应满足简便、快速的特点才能保证多样本的快速测量。许飞等<sup>[10]</sup>利用排水法和称重法分别测量了长形与圆形牡蛎的壳腔容积, 发现利用称重法可有效测量牡蛎壳腔容积, 但仍需改进。运用称重测量的方法, 会因牡蛎

壳的微小张开而吸水影响测量结果的准确性。另外, 当在野外需要对软组织现场取样时, 双壳分开后此方法不再适用。Higuera 等<sup>[8]</sup>采用了粘土填充于贝壳中的方法, 粘土体积即壳腔体积, 但由于每次压实时的力度不同导致粘土的密实度也不同, 从而影响测量结果, 且用粘土填充费时费力, 影响测量效率。

因此, 确立一种简便、高效和准确的壳容积测量方法极为重要, 这不仅可满足环境监测的需要, 也可广泛应用于贝类生理、生态领域的研究中。本研究以食盐为填充物 (盐充法), 双壳闭合时所能容纳的食盐质量与食盐密度之比值即为壳腔容积, 并以粘合双壳后注水 (水容法) 的方法验证其精准性。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

此试验取用的巨牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 于 2012 年 10 月份在横沙东滩长江口北导堤采集。紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 购于上海市铜川水产市场。每种选取 30 个样品进行壳腔体积的测量。

### 1.2 贝类解剖

取贝类个体, 用止血钳尽可能去除粘附在壳体上的其它寄生生物和小牡蛎, 用清水逐个冲洗壳体的表面, 洗净壳体表面附着的泥土。把牡蛎刀从壳顶绞合部插入撬开两壳, 割断闭壳肌, 移除软体部分, 用解剖刀将双壳残余的闭壳肌全部刮除。将洗净的成对贝类壳体自然风干, 对洗净干燥后的样品逐个编号。

收稿日期: 2013-07-08

基金项目: 上海市科学技术委员会重大项目 (11dz1204900 和 12231203100)。

作者简介: 杨红伟 (1987-), 硕士研究生, 研究方向为生态毒理学。

通讯作者: 施华宏 (1970-), 研究员, 从事生态毒理研究。

### 1.3 盐充法测量壳腔容积

以食盐为填充物（盐充法），双壳闭合时所能容纳的食盐的体积即为壳腔容积。实际操作中，称重较直接测量食盐的体积更加方便、准确。双壳所容纳的食盐质量与其密度之比值即为壳腔容积。因此，首先需测得填充物食盐的密度。用25ml的量筒分别量取5、10、15、20和25ml的食盐，量取时注意轻微振荡量筒并压实，用电子天平（MXX-412）分别称取其质量。每个体积的量取及称重均重复3次，记录测量数据。

取晾干的牡蛎（贻贝）双壳，将双壳置于盐堆中，使左右双壳在食盐介质中闭合，确保食盐填满双壳。将双壳取出，稍用力前后相对移动双壳排除多余的食盐。用软毛刷刷净壳面及韧带处可能附着的食盐，称取双壳所能容纳的食盐质量，每个样品重复测量3次。

### 1.4 水容法测量壳腔容积

取晾干后的牡蛎（贻贝）双壳，清除左右两壳边缘翘起的生长层，将左右双壳吻合完全，用防水胶泥胶带沿壳边缘将左右两壳粘合。粘合时注意仔细按压胶泥胶带，使胶泥能够完全与壳面吻合，防止存有空隙。将粘合好的牡蛎（贻贝）垂直放置，头部向上，用10ml注射器的针头从其韧带绞合部插入壳腔注水，直至注满为止。注入水的体积即贝类的壳腔体积。

### 1.5 数据分析

用spass19.0进行数据的统计分析，origin8.0作图。每对双壳测量3次，测量结果以测量平均值±标准差（SD）表示，并对两种测量方法的结果进行配对t检验。

## 2 结果分析

### 2.1 壳腔填充物的密度

对不同体积食盐3次测量的平均质量及标准差作体积—质量一元线性回归图（图1），设置截距为0。线性回归方程  $y = 1.3442x$ ，拟合度  $R^2 =$

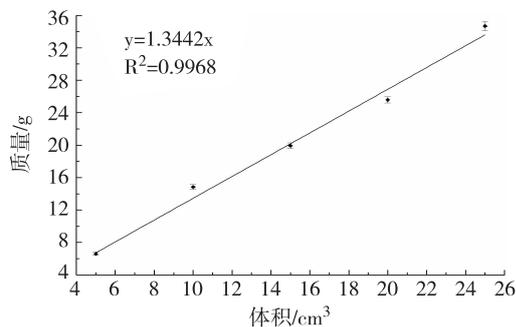


图1 室温下食盐的体积质量关系图

0.9968，测量结果准确可信。直线斜率1.3442即为食盐密度（g/cm³）。

### 2.2 壳腔体积测量结果

统计盐充法和水容法对30个贝类样本测量3次的平均值及标准差。对盐充法和水容法所测得的壳腔容积数据进行配对t检验分析。两种测量方法对两种贝类的壳腔体积测量结果无显著差异（ $P > 0.05$ ），均适用于壳腔体积的测量。

由图2A与C可看出，除3个样品外，两种测量方法的测量结果误差线均有重叠，对两种测量方法的相关性分析，直线斜率均接近1，均说明两方法测得的双壳贝类的壳腔容积相差不大。但牡蛎组盐充法测量结果稍大于水容法，贻贝组则相反，总平均值偏差分别为±1.74%和±0.46%。

实验过程中对两种方法进行了耗时统计（表1），结果表明运用盐充法测量牡蛎壳腔体积是水容法效率的8.4倍，测量贻贝壳腔体积的效率是水容法的6.2倍。

表1 壳腔容积测量耗时统计

贝类	耗时	盐充法/min	水容法/min	效率比
长牡蛎	总耗时	58.50	491.40	8.4:1
	平均	0.65	5.46	
紫贻贝	总耗时	70.45	436.79	6.2:1
	平均	0.78	4.84	

## 3 结果讨论

本实验中盐充法利用体积等效的方法测量了牡蛎壳腔容积，双壳所能容纳的物质（食盐）的体积即为其壳腔体积。粘土虽然可作为填充物<sup>[8]</sup>，但测量时每次挤压力度不同导致其密度不同，从而影响测量结果。因此寻找一种适宜的物质作填充物成为解决此问题的关键。食盐具有颗粒小、刚性大和物理性质稳定的特点，填充测量时只发生微小形变，保证了测量的准确性和安全性。

实验结果表明，盐充法可有效测量双壳贝类的壳腔容积，满足条件指数与体积指数的运算要求。许飞等<sup>[10]</sup>采用的称重法虽能有效测量壳腔体积，但烧杯液面的判断不准确也会引起较大误差，此方法仍需改进。盐充法的误差主要来自于测量时双壳闭合不紧或壳缝隙处残留食盐而导致的测量结果偏大。因此，测量时务必通过双壳的相对移动排出多余的食盐，直至双壳完全闭合，并用毛刷将壳层间隙及韧带处的残留食盐刷去。另外，寻找质轻、颗粒小、密度小、刚性大的取代物也可有效减小测量误差。

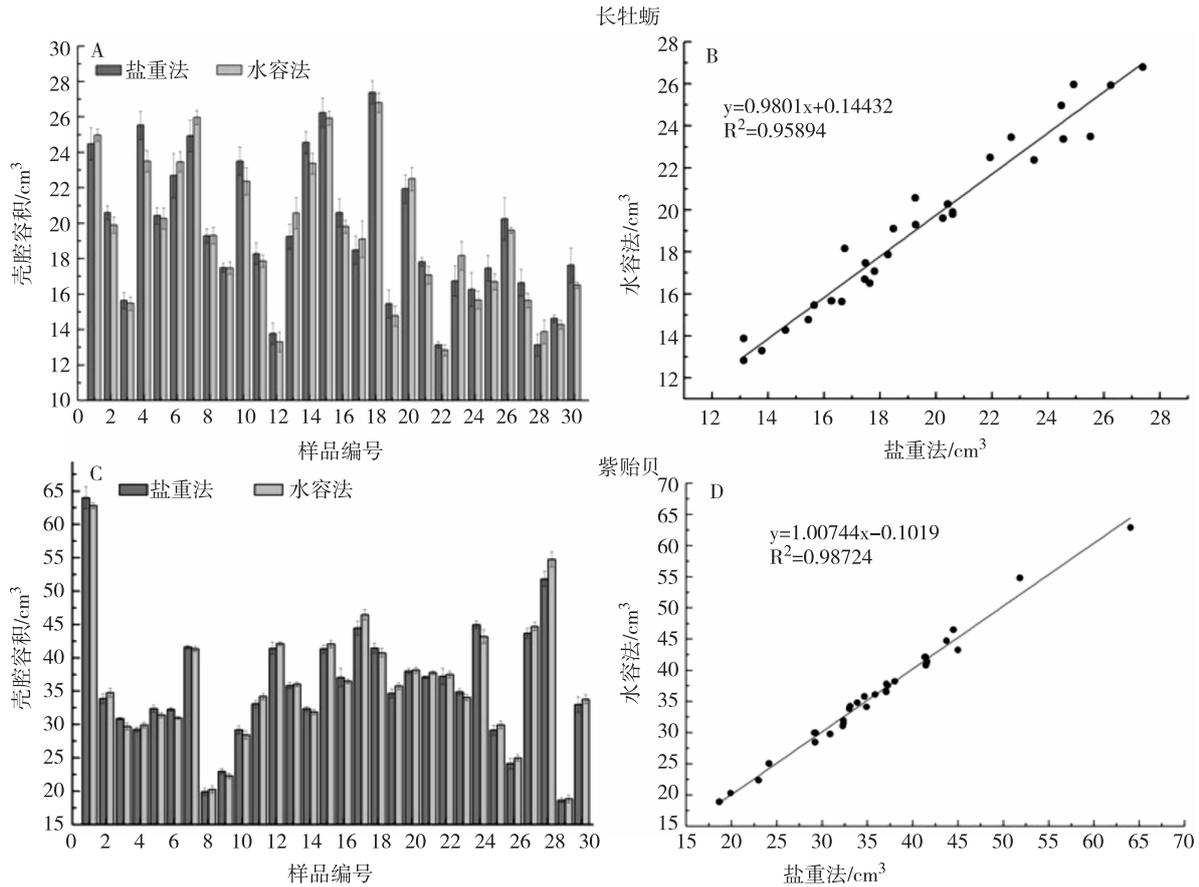


图2 两种贝类壳腔容积测量结果的差异性及相关性对比

理想状况下，将双壳完全粘合后，测量双壳所能容纳的水的体积可更为准确地反映贝类的壳腔容积，但在实验过程中，粘合法操作相对繁琐，特别是牡蛎参差不齐的生长层大大增加了粘合时的难度，耗时费力。两种测量结果的标准差及配对  $t$  检验分析表明，两者均可用于牡蛎壳腔体积的测量。盐充法更简便、高效，更具适用性，可广泛应用于贝类生理、生态和环境科学等领域的研究中。

参考文献:

[1] 范昌福, 裴艳东, 王宏, 等. 渤海湾西岸牡蛎壳体形态、生长速率与生长环境的关系 [J]. 海洋通报, 2010, 29 (5): 526-533.

[2] Juliana M. Harding and Roger M. Age and growth of wild suminoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and Pacific (*C. Gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China [J]. Journal of Shellfish Research, 2006, 25 (1): 73-82.

[3] Inke S, Reijo L. Survival, growth and shell deformities of copper- and cadmium-exposed mussels (*Mytilus edulis* L.) in brackish water [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1985, 21 (4): 555-565.

[4] Yap C K., Ismail A, Tan S G, et al. Occurrence of shell deformities in green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected

from Malaysian coastal waters [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2002, (69): 877-884.

[5] Waldock MJ, Thain J E. Shell thickening in *Crassostrea gigas*; organotin antifouling or sediment induced? [J]. Marine Pollution Bulletin, 1983, (14), 411-415.

[6] Batley GE, Fuhua C, Brockbank CI, et al. Accumulation of tributyltin by the Sydney Rock Oyster, *Saccostrea commercialis* [J]. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1989, 40 (1): 49-54.

[7] Higuera-Ruiz R, and Elorza J. Biometric, microstructural, and high-resolution trace element studies in *Crassostrea gigas* of Cantabria (Bay of Biscay, Spain): Anthropogenic and seasonal influences [J]. Estuarine Coastal and Shell Science, 2009, (82): 201-213. 583-591.

[8] Higuera-Ruiz R, Elorza J. Shell thickening and chambering in the oyster *Crassostrea gigas*; natural and anthropogenic influence of tributyltin contamination [J]. Environmental Technology, 2011, 32 (6).

[9] Crosby M P, Gale L D. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method [J]. Journal of Shellfish Research, 1990, 9 (1): 233-237.

[10] 许飞, 刘晓, 张国范. 牡蛎壳腔容积的两种测量方法比较 [J]. 海洋科学, 2007, 31 (7): 15-19.

## The Measurement of Bivalve Mollusks' Internal Shell Cavity Volume with the Salt-Displacement Method

YANG Hong-wei<sup>1</sup>, HUANG Hong<sup>1</sup>, ZHU Jing-min<sup>2</sup>, WU Li-jiao<sup>2</sup>, SHI Hua-hong<sup>2</sup>  
(1. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306 China)

**Abstract:** An oyster (*Crassostrea gigas*) and a mussel (*Mytilus edulis*) were taken as examples to study the method of measuring the internal shell cavity volume by filling the salt. The accuracy of this method was then verified with method of filling the water. The results showed that the two measurements are similar to each other, without significant difference ( $P > 0.05$ ). However, the efficacy of the salt-displacement method was 8.4 times higher than that of water-filling in the measurement of internal shell cavity volume of the oyster; and it was 5.2 times higher in the measurement of the mussel. Therefore, salt-displacement method is a quick and convenient method to measure the internal shell cavity volume of bivalve mollusk. It could be applied in the physiological and ecological research of the shells.

**Key words:** bivalve mollusk; internal shell cavity volume; salt-displacement method; measurement

---

## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynhjkx@yies.org.cn；电话（传真）：0871-64142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据-数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编，同时在我刊网站 [Http://hjkxdk.yies.org.cn](http://hjkxdk.yies.org.cn) 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

# 浅议轮胎企业有机废气排放因子

丁学锋<sup>1</sup>, 张慧君<sup>1</sup>, 曹睿<sup>2</sup>

(1. 浙江省环境工程有限公司, 浙江 杭州 310012; 2. 杭州市环境保护科学研究院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:**介绍了 AP-42、GB27632-2011 中轮胎企业有机废气污染物情况, 并与轮胎企业有机废气污染物实测数据进行比较分析, 探讨了有机废气的排放因子。结果表明轮胎企业有机废气主要来自于炼胶、硫化工序, 排放主要污染物为颗粒物、二甲苯、非甲烷总烃和二硫化碳, 排放因子可参照 AP-42 确定。

**关键词:** 轮胎企业; 有机废气; 排放因子; AP-42; 比较

**中图分类号:** X708 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0014-03

排放因子是用于定量估算某类污染源污染物排放量的代表性值, 为单位时间、单位距离、单位体积等情况下的污染物排放量, 可定量表述污染物的排放和污染情况。橡胶制品工业产生有机废气排放因子的研究国内鲜有报道。本文通过国内外对轮胎企业有机废气排放污染物情况的介绍, 结合实际轮胎企业污染物排放监测结果, 探讨了轮胎企业有机废气的排放因子。

## 1 工艺及产污环节概况

某轮胎生产企业为例年产 150 万条子午线轮胎。轮胎生产过程大致分为炼胶工艺和轮胎生产工艺。炼胶工艺主要可分为配料和混合炼胶两个工序; 轮胎生产工艺一般可分为压延压出、裁断、成型、硫化和检测 5 个工序。生产过程一般要在加热的条件下进行, 其中炼胶、压延、挤出等前工序的加热范围为 40~160℃, 低挥发点物质在此温度范围内即释出; 硫化加热范围为 100~200℃, 在此条件下, 胶料中的挥发物大量释放, 形成烟气, 这些烟气大都有刺激性气味, 对人体的组织有危害作用。因此, 生产过程产生的有机废气主要为炼胶废气、热胶废气、硫化废气等。

## 2 橡胶制品工业相关标准

### 2.1 空气污染物排放系数汇编

美国国家环保总局编制的《空气污染物排放系数汇编》(俗称 AP-42), 一直作为美国空气质量主要工具<sup>[1]</sup>。AP-42 橡胶行业分别给出

了混炼、压延、压出、硫化等各个工序的废气排放因子, 其中轮胎制品约 63 种排放因子, 本文摘取轮胎制品生产工艺中的主要排放因子<sup>[2]</sup>, 具体如表 1 所示。

从表 1 中可以看出, 轮胎制品排放因子最大为炼胶、硫化工序, 约占总排放量的 90%。炼胶废气主要排放因子有颗粒物、二甲苯、二硫化碳、正己烷、对苯二酚、丁酮、甲苯、乙苯、四氯乙烯、4-甲基-2-戊酮、羰基硫化物等有害物质; 硫化废气主要排放因子有二甲苯、二硫化碳、乙苯、二氯甲烷、苯胺、正己烷、苯乙烯、丁酮、二氯乙烯、4-甲基-2-戊酮、羰基硫化物等有害物质。

### 2.2 橡胶制品工业污染物排放标准

橡胶制品工业污染物排放标准 (GB27632-2011) 中规定轮胎企业 3 种大气污染物排放限值<sup>[3]</sup>, 具体见表 2。

从表 2 中可以看出, 轮胎企业大气污染排放控制的污染物为颗粒物、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃。橡胶制品工业企业恶臭污染物的排放控制按恶臭污染物排放标准 (GB14554-93) 规定执行。

## 3 讨论

### 3.1 实测排放因子对比分析

根据该轮胎企业的炼胶废气、硫化废气有组织排放口污染物的监测, 获得企业废气的实测排放因子, 并与 AP-42 的排放因子进行对比, 具体结果见表 3。

从表 3 可以看出, 该轮胎企业排放的炼胶废气、硫化废气与 AP-42 的排污系数基本保持一致。企业硫化工序中非甲烷总烃和 CS<sub>2</sub> 的实测数据相比 AP-42 略小, 主要是集气罩的收集及废气净

收稿日期: 2013-05-21

作者简介: 丁学锋 (1982-), 男, 浙江省环境工程有限公司工程师, 硕士研究生, 主要从事环境影响评价研究。

通讯作者: 曹睿 (1982-), 男, 杭州市环境保护科学研究院工程师, 硕士研究生, 主要从事环境规划与政策研究。

化效率引起。故选取 AP-42 中的排放因子可作为 轮胎企业建设项目大气污染物排放量计算依据。

表 1 轮胎制品生产过程中的最大排放因子 (t/t 胶)

序号	项目	炼胶	挤出	压延	硫化
1	甲苯	9.76E-06	9.36E-06	3.92E-06	-
2	邻二甲苯	1.00E-05	1.46E-07	2.84E-07	6.40E-06
3	乙苯	5.16E-06	1.14E-07	1.57E-07	9.01E-06
4	间二甲苯 + 对二甲苯	1.75E-05	4.02E-07	2.86E-07	2.31E-05
5	对苯二酚	2.71E-05	-	3.73E-08	-
6	二硫化碳	4.21E-06	3.74E-07	2.41E-06	6.29E-06
7	苯乙烯	4.30E-06	7.34E-07	4.86E-07	1.37E-06
8	苯乙酮	2.61E-06	3.36E-06	4.94E-07	1.10E-07
9	苯胺	1.01E-06	7.27E-07	9.44E-08	3.05E-06
10	四氯乙烯	4.36E-06	9.75E-08	-	1.16E-07
11	羰基硫化物	2.13E-06	-	-	5.44E-07
12	醋酸乙烯	2.35E-06	-	-	-
13	苯酚	1.24E-06	4.95E-07	1.49E-07	2.55E-07
14	异辛烷	1.72E-06	8.33E-08	2.69E-07	-
15	异丙苯	1.05E-07	1.72E-07	1.29E-06	2.80E-07
16	邻苯二甲酸二异辛酯	4.23E-07	3.08E-07	7.34E-07	2.23E-07
17	苯	7.18E-07	3.14E-07	4.54E-08	3.18E-07
18	1, 3 丁二烯	7.82E-07	5.95E-07	-	-
19	萘	7.30E-07	3.06E-07	1.21E-07	1.67E-07
20	1, 1 二氯乙烯	5.47E-07	-	-	5.85E-07
21	1, 1, 1 - 三氯乙烷	6.25E-07	1.78E-07	3.89E-08	1.23E-07
22	4 - 甲基 - 2 - 戊酮	5.83E-05	8.20E-06	6.42E-07	1.21E-05
23	二氯甲烷	4.66E-05	1.48E-05	4.71E-08	3.72E-06
24	正己烷	3.07E-05	4.96E-07	5.59E-07	2.81E-06
25	丁酮	1.45E-05	2.51E-07	2.61E-07	9.54E-07
26	颗粒物	3.67E-03	3.89E-08	-	-
	总挥发性有机物	2.98E-04	1.80E-05	5.59E-05	2.24E-04

表 2 新建轮胎企业大气污染物排放限值

序号	污染物项目	生产工艺或设施	排放限值 / (mg/m <sup>3</sup> )	基准排气量 / (m <sup>3</sup> /t 胶)	污染物排放监控位置
1	颗粒物	轮胎企业及其他制品企业炼胶装置	12	2000	
2	甲苯及二甲苯合计	轮胎企业及其他制品企业胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶装置	15	-	车间或生产设施排气筒
3	非甲烷总烃	轮胎企业及其他制品企业炼胶、硫化装置	10	2000	
		轮胎企业及其他制品企业胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶装置	100	-	

表 3 某轮胎企业实测排放因子与 AP-42 对比列表

工序	污染物	某轮胎企业				AP-42		来源
		平均排放浓度 / (mg/m <sup>3</sup> )	排放速率 / (g/h)	胶用量 / (t/a)	排放因子 / (t/t 胶)	排放因子 / (t/t 胶)		
炼胶 工序	颗粒物	10.23	57		5.87E-04	5.17E-04		
	H <sub>2</sub> S	0.0041	0.0226		3.2E-08	/	Mixing - 30800111	
	CS <sub>2</sub>	0.0275	2.17		3.50E-06	4.21E-06		
	非甲烷总烃	2.57	14	37930	1.58E-05	1.92E-05		
硫化 工序	H <sub>2</sub> S	0.0039	0.0585		1.36E-07	/		
	CS <sub>2</sub>	0.0422	2.66		3.87E-06	6.29E-06	Tire Cure - 30800107	
	非甲烷总烃	2.95	44.25		4.68E-04	9.51E-05		

注：AP-42 中所列非甲烷总烃排放因子包括所有的烷烃、烯烃、芳香烃和含氧烃排放因子。

### 3.2 H<sub>2</sub>S 因子分析

目前国内对橡胶行业一般选取 H<sub>2</sub>S 作为含硫化合物的排放因子<sup>[4]</sup>, 但根据 AP-42 橡胶行业各个工序排放的污染因子无 H<sub>2</sub>S, 含硫化合物主要为 CS<sub>2</sub> 和羰基硫化物。橡胶制品工业污染物排放标准 (GB27632-2011) 也未明确含硫化合物的污染物排放限值, 但要求恶臭污染物的排放控制按恶臭污染物排放标准 (GB14554-93) 规定执行。为了确定企业是否有 H<sub>2</sub>S 废气排放, 对该轮胎企业废气排气口和厂界、厂界外的 H<sub>2</sub>S 浓度进行监测, 对比发现废气排气口与厂界、厂界外的监测浓度差别不大, 炼胶废气排气口为 0.003~0.008mg/m<sup>3</sup>、硫化废气为排气口 0.004~0.007mg/m<sup>3</sup>, 而同时测得厂界浓度 0.0021~0.0087mg/m<sup>3</sup>、距厂界 350m 处浓度 0.0022~0.0060mg/m<sup>3</sup>, 说明轮胎制造过程中 H<sub>2</sub>S 的产生量极小。故应选取 CS<sub>2</sub> 作为轮胎企业含硫化合物的排放因子。

### 3.3 其他排放因子分析

非甲烷总烃根据《大气污染物综合排放标准详解》的定义是指除甲烷以外的所有碳氢化合物的总称, 主要包括烷烃、烯烃、芳香烃和含氧烃, 二甲苯为间二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯的总和,

AP-42 中所列硫化废气中二甲苯的源强占了非甲烷总烃的 40% 以上, 橡胶制品工业污染物排放标准 (GB27632-2011) 将二甲苯作为轮胎企业大气污染物排放控制项目, 故二甲苯应作为排放因子, 并选取 AP-42 中除二甲苯以外的相关因子总和为非甲烷总烃排放因子。

## 4 结论

通过轮胎企业国内外相关废气污染物排放介绍, 对轮胎企业污染物实测比较分析, 结果表明轮胎生产过程中有机废气主要来自于炼胶、硫化工序, 主要排放污染物为颗粒物、二甲苯、非甲烷总烃和二硫化碳, 排放因子数值可参照 AP-42 确定。

#### 参考文献:

- [1] 段宁, 郭庭政, 孙启宏, 等. 国内外产排污系数开发现状及其启示 [J]. 环境科学研究, 2009, 22 (5): 622-626.
- [2] US EPA. AP-42: compilation of air pollutant emission factors [EB/OL]. Washington DC: US EPA, 1996 [2008-06-11]. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch04/>.
- [3] GB27632-2011, 橡胶制品工业污染物排放标准 [S].
- [4] 王元刚, 郭康伟, 李昌建. 橡胶工艺废气的污染控制浅析 [J]. 环境化学, 1995, 14 (1): 58-61.

## Discussion on the Emission Factors of the Organic Exhaust Gas of Tire Enterprises

DING Xue-feng<sup>1</sup>, ZHANG Hui-jun<sup>1</sup>, CAO Rui<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Environmental Engineering Limited Company, Hangzhou Zhejiang 310012 China)

**Abstract:** The paper gives an introduction about the pollution of the organic exhaust gas of the tire enterprises against AP-42、GB27632-2011. A comparative study was undertaken with the actual monitoring data to find out the emission factors. The results show that the exhaust gas mainly comes from the mixing and vulcanization process; and the key pollutants are particulate matters, xylene, NMHC and carbon disulfide. Their emission factors could be determined with reference to AP-42.

**Key words:** tire enterprise; organic exhaust gas; emission factors; AP-42; comparison

# 云南藏区旅游生态安全及其防控研究

赵翠娥, 丁文荣

(云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:**介绍了以香格里拉为核心区的云南藏区在发展旅游的过程中带来的一系列的生态环境问题, 如固体垃圾增加、水污染加剧、噪声污染日趋突出和土壤质地遭到破坏等。对其进行梳理并提出针对性的措施。

**关键词:**生态安全; 防控研究; 建议; 藏区旅游; 云南

**中图分类号:** X3    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0017-04

21世纪随着全球化大发展,生态安全问题成为人类社会可持续发展面临的新主题。肖笃宁等<sup>[1-2]</sup>认为生态安全可定义为人类在生产、生活与健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,包括饮用水与食物安全、空气质量与绿色环境等基本要素。区域生态安全研究具有宏观性和针对性的特点,评价标准则具有相对性和发展性,生态安全预警与设计要针对某一生态问题体现人类活动的能动性。邹长新<sup>[3]</sup>、陈星<sup>[4]</sup>、马克明<sup>[5]</sup>等在调研已有生态安全研究成果基础上,从生态安全的概念、特性、国内外研究现状、研究意义和研究方法方面,对生态安全研究进行了评述。还有一些学者在生态安全的概念的讨论上,对建立国家或区域的生态安全预警与维护体系提出了一些粗略的框架<sup>[6-10]</sup>。

云南藏区主要指以香格里拉县(中甸县)为中心的迪庆藏族自治州,是滇、藏、川三省区的交界处。区内有青藏高原延伸部分南北纵向排列的横断山脉,有金沙江、澜沧江、怒江三江并流、普达措国家森林公园等国家级风景名胜。既是省内政治、军事、社会、文化、生态最为敏感的地区,同时也是云南省内生态脆弱区的典型地区。近年云南藏区旅游业的迅速发展,为区内经济发展、社会公共设施逐步完善和人民生活水平提高起到了巨大的推进作用。但在旅游业迅速发展的同时,也给区内敏感的生态环境带来了巨大的负面影响,如污水排放量增加、垃圾剧增、湖泊水质恶化、水土流

失加剧、草场退化、地下水污染、噪声污染加剧等。通过前期调研得知,藏区的旅游发展与生态安全之间的矛盾日益凸显,并且随着旅游开发力度的不断加大,经济与生态环境间的矛盾也不断加剧。为此,协调好藏区旅游发展与生态安全之间的关系,对促进该区的经济可持续发展、人与自然和谐发展具有重要意义。

## 1 近年藏区旅游带来的主要生态问题

### 1.1 固体垃圾

香格里拉县的固体垃圾、废弃物主要来自香格里拉县城内的日常生活,以及普达措国家森林公园、噶丹·松赞林寺以及哈巴雪山等主要旅游景点。生活垃圾由2002年约50t/d上升至2007年约70t/d,到2011年则高达130t/d。以居民生活垃圾为主的废弃物,主要由厨余垃圾、煤灰、纸类、塑料、玻璃、织物等组成,这类垃圾占生活垃圾清运总量的60%左右。而香格里拉景区则是以清扫垃圾为主,主要是景区广场、景点、道路、休息亭及其它开放的露天公共场所产生的废弃物,这类垃圾约占生活垃圾清运总量的10%。由于县城道路建设发展、县城扩展等原因,其产生量所占的比例将略有上升;这类垃圾主要组分是泥沙、灰土、枯枝败叶及商品包装物等,易腐的有机物较少,垃圾的平均含水量低,热值比居民生活垃圾略高。

### 1.2 水质变化

图1是金沙江贺龙桥和澜沧江布存桥两个重要的水化学监测断面的水质情况,从图中可以看出,对于两个监测断面,除了COD有微弱的降低趋势外,BOD<sub>5</sub>、氨氮含量、六价铬、氟化物、总磷、石油类都有所增加。可见,作为云南省重要的旅游目的地,旅游带来的水环境影响是显著的。为了更

收稿日期: 2013-06-26

基金项目: 云南省科技计划项目“云南藏区旅游生态安全及防控技术与示范”。

作者简介: 赵翠娥(1988-),女,硕士研究生,研究方向: 资源环境与区域发展。

明确旅游带来的影响,本研究选择区内两个重点的湖泊,属都湖和碧塔海进行分析,这两个湖泊都是重点旅游区内的湖泊,其水质变化如图2所示。

从图2中可以看出,对于这两个核心旅游区内的湖泊,水质变化也非常明显,如属都湖的COD含量2007年为6.200mg/L,而2011年则达到了

7.250mg/L,碧塔海总体而言也是增加的。对于两个湖泊,石油类污染物增加的比例较为突出,属都湖石油类含量2007年为0.020mg/L,而2011年则达到了0.038mg/L,碧塔海石油类含量2007年为0.024mg/L,而2011年则达到了0.040mg/L,这主要是旅游交通造成的结果。

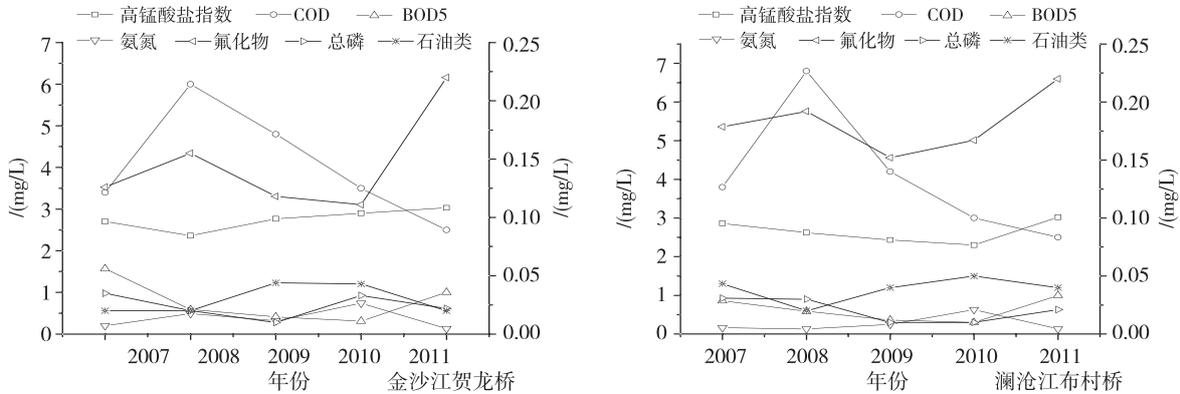


图1 部分监测河段水质变化状况

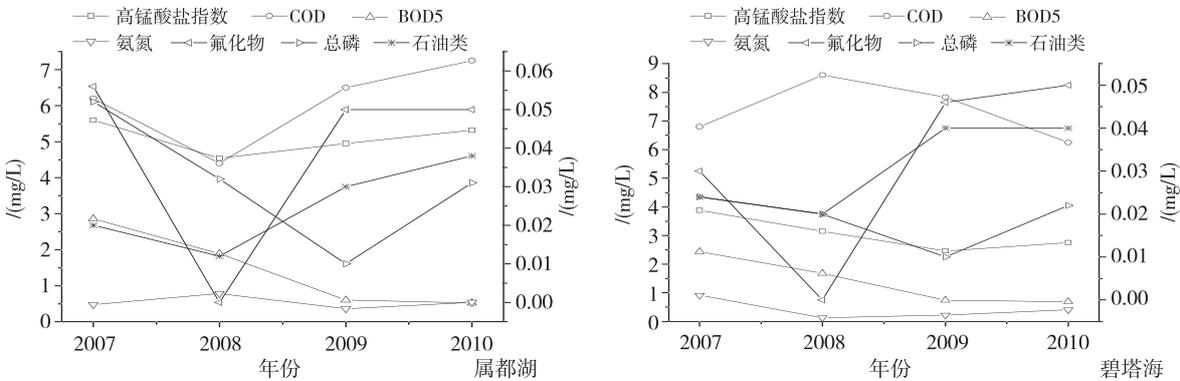


图2 重点景区湖泊水质变化状况

### 1.3 污染气体排放

目前,香格里拉县城区还没有大型的工业企业,所以空气污染源主要有以下几类:宾馆、饭店烧水所用锅炉;居民生活中使用的大小炉灶;裸露土地、建筑挖掘、土及沙运输产生的尘土;旅游生活交通工具产生的流动源。香格里拉县城空气污染源中,锅炉主要是排放燃煤烟气,居民生活源以柴薪和燃气为主,少量使用煤,机动车流动源主要是释放光化学气体,尘土源产生环境空气中的降尘和可吸入颗粒物。根据2006至2007年环境空气质量监测周报数据和2008年、2009年、2010年的空气自动监测日报年平均数据<sup>[11]</sup>(表1),污染负荷中贡献最大的污染物PM<sub>10</sub>虽呈现下降趋势,但二氧化硫有所上升,这与近年旅游业的快速发展,旅游人数的增加,旅游相关产业的发展有关。

表1 香格里拉城区3a大气监测结果统计表 (mg/m<sup>3</sup>)

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
2006年	0.008	0.025	0.035
2007年	0.005	0.024	0.041
2008年	0.018	0.018	0.041
2009年	0.018	0.010	0.030
2010年	0.019	0.010	0.031

### 1.4 环境噪声

此外,作为重要的游客接待中心,交通与旅游者所引起的噪声也会增加,本研究选择古城广场、月光广场两个旅游者活动地点进行分析(图3)。从图中可以看出,两个旅游者经常购物与娱乐活动的地点,L<sub>10</sub>、L<sub>50</sub>、L<sub>90</sub>三个等级的监测值都是升高的趋势,特别2008年以来较为明显,如月光广场的L<sub>10</sub>由2008年的49.0dB升高至2011年的56.0dB,L<sub>90</sub>也由2008年的39.9dB升高至2011年的45.0dB。

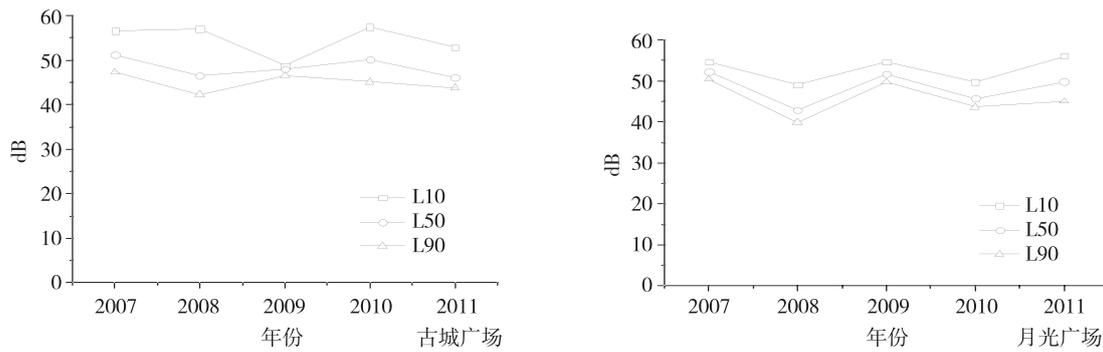


图3 主要景区噪声变化趋势

综上所述,云南藏区旅游地生态环境有恶化的趋势,主要表现在:①生活固体垃圾、废弃物急剧增加;②旅游活动与生产生活的污水排放导致主要监测河段与核心景区湖泊水质恶化;③重点区域空气污染与噪声加剧;④部分景区土壤质量改变与侵蚀等。随着香格里拉旅游业的兴起,香格里拉酒店业、基础设施建设急剧增加,各种烟尘、噪声等污染扰民事件也急剧增加。从2000年以前的平均8次污染投诉提高到2009年的年均投诉30起。

## 2 云南藏区旅游生态安全防控技术现状与问题

### 2.1 云南藏区现有的生态安全防控技术

香格里拉县的固体垃圾、废弃物主要来自香格里拉县城内的日常生活,这些固体垃圾、废弃物主要通过香格里拉县城市生活垃圾处理厂处理。香格里拉普达措国家森林公园、噶丹·松赞林寺以及哈巴雪山等主要旅游景点的固体垃圾也主要送至该垃圾场进行处理。根据对垃圾处理厂的实地调研得知,该区垃圾处理主要采用分层自然填埋方式进行处理。根据国家卫生厅的处理要求,在垃圾填埋场底部或四周铺设1.5mm厚的HDPE防渗膜,再一层一层地用土壤覆盖垃圾;在填埋区附近建有渗滤液储存池,以便存储来源于降水和垃圾本身的内含水形成的渗滤液。

针对生产、生活污水,香格里拉县建有中甸污水处理厂。在香格里拉县内各景区污水主要来自厕所这一公共设施,景区通过流动厕所或者一次性收集等方法将景区内的污水送至污水处理厂进行处理。根据香格里拉县中甸污水处理厂工作人员介绍,该污水处理厂主要采用CCAS工艺进行污水处理,日处理量达8300~8400m<sup>3</sup>/d,基本上进厂多少污水当天就能处理完。处理后的污水经紫外线消毒可以达到国家二类水质,符合国家标准,随后直接排入河流。

目前,由于香格里拉还处于发展起步阶段,噪声污染问题显得较为微弱。据香格里拉县环保局工作人员介绍,目前只有在主要的街道上安装有噪音

检测仪器,其他的还未涉及。

### 2.2 云南藏区生态安全防控技术存在的问题

#### 2.2.1 整体生态安全防控技术较为薄弱

香格里拉对比较明显的生态环境因子进行了监测与防治,但是并未有全面的对各种可能引起生态环境问题的因子进行监测。这无疑是生态环境保护的一大漏洞,该漏洞将会降低相关部门对香格里拉整体生态环境的质量评估。错误的评估在香格里拉旅游进一步的开发过程中将会引起一些阻碍旅游顺畅发展的障碍。香格里拉除主要存在生活污水、固体垃圾、废弃物、噪声污染、土壤侵蚀这些主要的环境问题外,还存在一些较为轻微的生态环境问题。例如:生活废气、能源使用、自然灾害等,但是并未有或者只有很简单的针对这些因子的监测与防治。

从整体上来说香格里拉的生态安全防控技术显得较为薄弱。不全面的监控技术体系,或者监测简单并未有进一步的质量分析这些都将会引起潜在的生态不安全因子的发展。

#### 2.2.2 生态安全防控技术受限于资金支撑

在走访过程中了解到限制或影响香格里拉的生态安全防控技术进一步修改和完善的一个重要原因是资金不足。目前香格里拉在生态安全防控技术方面做得较好的是污水处理和垃圾处理,前者是由荷兰政府资助建立,后者是在需求压力下进行扩建的。垃圾处理厂的工程师表示“在整体的运作上由于受控于资金限制,很多项目不能按照预期的计划完成,库区随时存在溃堤的风险。”

在已有的生态安全监测中,大部分只是进行简单的观测,有的甚至是很长时间才监测一次,并且监测后没有对监测数据进行进一步的分析。针对这种现象,相关工作人员解释说,是由于资金不足、设备不足无法完成。

## 3 云南藏区旅游生态安全防控建议

### 3.1 加强公共管理机制

公共管理是以政府为核心的公共部门整合社会

的各种力量,广泛运用政治的、经济的、管理的、法律的方法,强化政府的治理能力,提升政府绩效和公共服务品质,从而实现公共的福利与公共利益。公共管理作为公共行政和公共事务广大领域的一个组成部分,其重点在于将公共行政视为一门职业,将公共管理者视为这一职业的实践者。公共管理的主体由政府部门和非政府部门(非营利组织)组成,以社会公共事务作为管理对象。社会公共事务的具体内容分为公共资源和公共项目、社会问题等。

### 3.2 发展旅游循环经济

旅游循环经济是一种可持续的旅游发展模式。它涵盖旅游的开发活动、食、住、行、游、购、娱等要素和旅游业区的工业、农业等各类社会活动,包含着生态旅游,并按照减量化、再循环和再利用的原则,在各产业内部和各产业之间形成多产业链、多闭合循环路径,实现区域的废物零排放和资源效率的最大化和可持续利用,促进经济与环境、人与自然、人与人、人自身的和谐发展,体现了经济效益、社会效益和环境效益的统一<sup>[12]</sup>。

### 3.3 加大资金投入强度

环境监测防治设备通常是科技含量较高的仪器设备,购买这些设备价钱比较昂贵,很多旅游地根本没有能力来承担这些费用,一直出现心有余而力不足的现象。生态安全是国家安全的重要组成部分,生态建设是政府职能的重要组成部分,单靠社会力量是远远不够的,必须主要靠政府的投入。香格里拉是“世界的香格里拉”,它具有潜在旅游文化价值,且香格里拉是云南省的生态保护重区,也是生态环境问题最为敏感的地区。政府部门应该从长远利益考虑,立足生态、环保、经济角度,加大香格里拉地区的生态安全防控技术的资金投入,建设一个生态环境好、景色优美、经济发展的香格里拉。

以示范项目的实施为契机,利用国家政策导向,为香格里拉县寻求多渠道的环境治理与保护资金。

### 3.4 狠抓政策落实力度

政策对经济社会发展、生态环境保护的推动作用是不言而喻的。因此,各地、各部门都会想方设法向上级要政策,争取得到相关政策的支持,以更好地解决某些实际问题,取得成效,推动发展。要政策的目的是为了谋发展,而谋求发展就得把要来的政策付诸实施,逐一落实到位,让政策的效应得以充分发挥。香格里拉政府应抓住“桥头堡战略”这个机遇,将生态保护方面的政策积极实施。

#### 参考文献:

- [1] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (3): 354-358.
- [2] 肖笃宁. 干旱区生态安全研究的意义与方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2002: 23-27.
- [3] 邹长新, 沈渭寿. 生态安全研究进展 [J]. 农村生态环境, 2003, 19 (1): 56-59.
- [4] 陈星, 周成虎. 生态安全: 国内外研究综述 [J]. 地理科学进展, 2005, 24 (6): 8-20.
- [5] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础 [J]. 生态学报, 2004, 24 (4): 761-768.
- [6] 方创琳. 西北干旱区生态安全系统结构与功能的监控思路初论 [J]. 中国沙漠, 2000, 20 (3): 326-328.
- [7] 蒋信福. 入世对我国生态安全的挑战与战略对策 [J]. 环境保护, 2000, (10): 23-25.
- [8] 郭中伟. 建设国家生态安全预警系统与维护体系——面对严重的生态危机的对策 [J]. 科技导报, 2001, (1): 54-56.
- [9] 李康. 西部大开发中的生态安全问题 [J]. 环境科学研究, 2001, 14 (1): 1-3.
- [10] 吴豪, 许刚, 虞孝感. 关于建立长江流域生态安全体系的初步探讨 [J]. 地域研究与开发, 2001, 20 (2): 34-37.
- [11] 高春燕. 香格里拉县城大气污染现状及监测点位优化浅析 [J]. 环境科学导刊, 2011, 30 (4): 80-81.
- [12] 明庆忠, 李庆雷. 发展旅游循环经济的科技支撑研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.

## Ecological Safety of Tourism and Its Prevention and Control in Yunnan Tibetan Area

ZHAO Cui-e, DING Wen-rong

(College of Tourism and Geology, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan 650500 China)

**Abstract:** This paper discusses about the ecological and environmental problems resulted from the tourism development in Yunnan Tibetan Area, particularly in the Shangrila. These problems include the increasing solid waste, aggravating water pollution and noise pollution, the disturbance of the soil quality. A systematic analysis is carried out about the problems and the countermeasures are proposed.

**Key words:** ecological safety; research of prevention and control; recommendation; tourism in Tibetan Area; Yunnan

# 中国温室气体自愿减排发展现状及其建议

胡牡丹

(通标标准技术服务(上海)有限公司气候变化部, 上海 200233)

**摘要:** 简要论述了我国国内温室气体自愿减排的政策导向、7省市温室气体交易试点的发展现状。由此对我国温室气体自愿减排市场的发展提出了一些建议, 以促进“十三五”期间建立全国统一的温室气体自愿减排市场, 更好地为达成指定的减排目标服务。

**关键词:** 温室气体; 自愿减排; 碳减排; 试点; 建议

**中图分类号:** X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0021-03

近十多年来, 中国经济正在快速发展, 但是随之而来的能源问题、环境问题和温室气体排放问题也越来越严重。目前中国 GDP 在全世界占 10%, 但是能耗占 20%, 碳排放占到全世界的 25%, 由此可见, 我们的碳减排压力非常艰巨。今后 10a 是中国实现经济和产业转型的阶段。建立温室气体自愿减排是助推中国经济向低碳转型的大好时机。2009 年, 国务院会议就决定, 到 2020 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%, 作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划, 并制定相应的国内统计、监测、考核办法。这表明碳交易市场建设已经进入政府工作程序。

## 1 我国温室气体自愿减排政策

我国一向是注重经济和环境发展并重的国家。2009 年国务院就严格制定了我国的碳减排目标“到 2020 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%”。在这个目标的指引下, 随后颁发了一系列的相关政策, 主要政策汇总见表 1。

2012 年 10 月 9 日国家发展改革委办公厅发布的《温室气体自愿减排项目审定与核证指南》的通知, 意味着国内自愿减排市场跨出了实质性的一步。温室气体自愿减排项目审定与核证指南中明确了温室气体自愿减排项目审定与核证机构备案的具体要求, 审定和核查工作的原则、程序及要求 and 报告格式。同时明确划分了温室气体自愿减排项目 16 大专业领域。并且明确了可使用的六种温室气体: 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、甲烷 (CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮 (N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物 (HFCs)、全氟化碳 (PFCs)

和六氟化硫 (SF<sub>6</sub>)。

表 1 中国温室气体自愿减排主要政策汇总\*

发布时间	政策内容
2009 年 11 月 26 日	国务院常务会议决定, 到 2020 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%。
2011 年 10 月 29 日	国家发展改革委办公厅关于开展碳排放权交易试点工作的通知 (发改办气候 [2011] 2601 号), 同意北京市、天津市、上海市、重庆市、湖北省、广东省及深圳市开展碳排放权交易试点。
2012 年 6 月 13 日	《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》, 其中明确一项主要目标为: 今后 5 年单位国内生产总值二氧化碳排放降低 17%。
2012 年 6 月 13 日	国家发展改革委关于印发《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》的通知 (发改气候 [2012] 1668 号)。
2012 年 10 月 9 日	国家发展改革委办公厅发布《温室气体自愿减排项目审定与核证指南》的通知。
2013 年 3 月 5 日	国家发展改革委办公厅关于温室气体自愿减排方法学 (第一批) 备案的函 (发改办气候 [2013] 550 号), 首先选择公布了 52 个方法学 <sup>[1]</sup> 。

注: \* 统计截止时间为 2013 年 4 月 30 日。

## 2 7 省市碳排放权交易试点发展现状

研究显示, 中国 7 省市的碳交易试点在 2014 年将继 EU ETS 成为全球第二大市场; 各交易试点中, 以广东省的交易体系最大。据估计, 至 2014 年, 中国的地区碳市场将覆盖 7 亿 t 碳排放, 而澳大利亚、美国加州、欧洲的碳市场则分别覆盖 3.82 亿 t、1.65t 及 21 亿 t 碳排放<sup>[2]</sup>。目前 7 省市碳排放交易权试点工作正在密集推进, 具体情况见表 2。

收稿日期: 2013-05-23

作者简介: 胡牡丹 (1980-), 女, 汉, 上海, 现工作于通标标准技术服务(上海)有限公司气候变化部, 任产品经理; 环境工程硕士, 目前主要从事碳减排和节能方面的工作。

表2 7省市碳排放权交易试点工作开展情况汇总\*

试点省市	碳排放交易试点工作实施方案发布情况	碳排放交易试点企业名单的公布情况	企业配额分配情况	其他
北京市	2012年3月28日发布	未公布	未公布	/
天津市	2013年2月发布		未公布	/
上海市	2012年7月3日发布	2012年11月公布第一批总共197家试点企业名单, 试点范围包括上海市行政区域内钢铁、石化、化工、有色、电力等工业行业, 年碳排放量2万t及以上(包括直接排放和间接排放)的重点排放企业, 以及航空、港口、商业、宾馆、金融等非工业行业年碳排放量1万t及以上的重点排放企业。	未公布	/
重庆市	未发布	未公布	未公布	重庆市人民政府办公厅2011年4月印发了《重庆市碳排放交易实施方案编制工作计划及任务分工》的通知
广东省	2012年9月11日发布	2013年2月公布了首批纳入碳排放信息报告制度的重点企业名单, 包括报告企业310家, 交易企业239家, 其中涵盖的行业只包括水泥、钢铁、电力、石化4个行业, 水泥行业企业最多, 报告企业达到147家, 交易企业达到113家。	未公布	水泥、钢铁、电力、石化这4个行业计划为先行推行的第一阶段碳排放交易, 再逐步在第二阶段扩展到陶瓷、纺织、有色、塑料、造纸等十多个工业行业, 控排企业范围为年碳排放量2万t及以上企业。
湖北省	2013年2月发布	未公布	未公布	/
深圳市	未发布	2012年9月和11月, 公布了第一批117家以及第二批300家参与碳排放核查企业名单。目前, 深圳市通过几轮碳排放核查, 最终选定600多家企业纳入碳排放交易	未公布	2012年11月出台合并正式实施, 由深圳市人大常委会审议通过的《深圳经济特区碳排放管理若干规定》

注: \*统计截止时间为2013年4月30日。

### 3 对国内温室气体自愿减排市场发展的建议

根据我国温室气体自愿减排市场的发展现状, 结合我国温室气体自愿减排长远的计划, 并借鉴国际以往的先进经验, 提出了以下一些发展建议, 以促进“十三五”期间建立全国统一的温室气体自愿减排市场, 更好地为达成指定的减排目标服务。

#### 3.1 完善基本法律法规

按照本文第二段的汇总, 我国在温室气体自愿减排方面制定了一些政策, 但是这些部署没有上升到法律的层面, 缺乏制度性、程序性和长期规范性。在现有法律方面, 并没有一部法律直接将应对气候变化作为立法的主要目的。缺乏实施应对气候变化的方案、政策, 难以保障气候融资以实现国家应对气候变化目标的强制力和约束力。所以建议国家加紧研究颁布明确碳排放权有偿取得和排放交易的法律, 制定碳排放总量控制、排放许可证管理、排放权配额分配、拍卖和排放交易等法规, 逐步规范碳市场的交易行为。

#### 3.2 设立统一的监管部门, 完善碳市场体系建设

在2012年初我国启动了北京、天津、上海、广州等7个地方省市碳排放权交易试点, 并将在“十三五”期间逐步建立起全国性碳市场。但是根据目前各试点省市的发展状况, 可以发现各个试点省市的发展步调差异性较大, 而且各个试点省市信息的透明度也不够。

为了统筹规范碳减排交易市场的发展, 建议设立国家级碳交易监管部门, 在国务院领导下统一监督管理全国碳交易市场, 指导各地方相关部门, 加强碳交易的支撑体系建设, 并设立地方级碳交易监管部门, 形成完善的碳市场总体结构。

#### 3.3 围绕宗旨: 建立全国统一的温室气体自愿减排市场

现阶段是我国温室气体减排市场发展的初级阶段, 可以说各省市都在摸索中。在摸索的同时, 建议各试点省市还是要围绕我们最终的宗旨, 以建立全国统一的温室气体自愿减排市场为前提, 在初

始阶段，在国家级碳交易监管部门的指导下，充分考虑未来各市场的联结问题，以便今后在政策标准、交易制度、具体程序方面能够逐步达到全国统一，这样才能更好地为达成指定减排目标服务。

### 3.4 借鉴国际碳市场经验

积极学习国际碳市场发展的经验并与国际接轨。例如在制定国内市场机制时，交易单位应符合国际标准与规则，并采纳国际认可的统一的测量、报告、核查标准，与不同碳市场和市场机制接轨，引进第三方审定和核证机构，指定第三方核查机构，设立减排量统计、监测、考核直至交易标准和制度等，为规范交易和惩罚机制提供完善的数据支撑，为日后连接国际碳市场奠定基础。并且应当维持碳市场的高透明度，采取措施防止重复计算减排

量，使中国的碳排放权和减排工作获得国际社会承认。

## 4 结论

综上所述，温室气体自愿减排交易机制正在我国如火如荼地开展中。在这个机制的发展中，我们要不断总结经验，并参考其他类型的交易机制、学习国外先进经验，不断完善我国温室气体自愿减排交易机制，相信不久我们就能看到一个崭新的温室气体自愿减排市场，为达成指定的减排目标服务，实现最终社会、经济 and 环境的可持续发展。

### 参考文献：

- [1] 中国清洁发展机制网 [EB/OL]. <http://cdm.ccchina.gov.cn/nDetail.aspx?newsId=39507&Tid=20>.

## Current Development of Voluntary GHG Emission Reduction in China

HU Mu-dan

(Climate Change Programme, SGS – CSTC Standards Technical Services  
(Shanghai) Limited Company, Shanghai 200233 China)

**Abstract:** In this paper, a brief discussion is made about the policies of the voluntary GHG emission reduction in China and the development of GHG trade in the seven trial cities/provinces. Some recommendations are made about its market development, in order to facilitate the development of a unified market on the voluntary GHG emission reduction in China during the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan period, and to achieve the reduction targets.

**Key words:** greenhouse gas ; voluntary emission reduction; carbon emission reduction; trial; recommendation

# 沾益县花山煤化工园区防护林建设探究

胡加寿

(沾益县环境监测站, 云南 沾益 655331)

**摘要:**介绍了花山煤化工园区基本情况, 从花山特殊的生态功能区, 防护林建设产生的生态效益、社会效益、经济效益, 防护林建设改变当地小气候, 发挥多功能防护作用等方面阐述了建设沾益县花山煤化工园区防护林的必要性, 并对其防护林的建设提出建议。

**关键词:**煤化工园区; 防护林; 必要性; 建议; 沾益

**中图分类号:** X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0024-04

沾益县盘江镇随着社会、经济、人口、城镇规模的发展, 存在着很多不容回避的环境问题, 特别是在花山煤化工园区更为突出。主要表现在: 一是工业企业逐步增多, 花山片区水污染和大气污染状况严重, 人民群众生产生活受到不同程度的影响; 二是区域森林生态功能衰退, 水源涵养功能变差, 林分质量降低, 水土流失严重; 三是集镇建设资金投入不足, 基础设施不配套, 功能不完善, 导致区域总体发展水平低; 四是局部地区生态环境和自然景观破坏严重, 地质灾害时有发生。这些环境问题近年来得到了一定的改善, 局部地区环境污染严重的现状有所缓解, 但总体的生态环境质量现状仍然处于下降趋势。特别是作为珠江源头第一县的煤化工园, 由于其地理位置的特殊性, 保护和维持好花山煤化工园区的生态环境, 对实现花山煤化工园区的持续、快速发展, 对维护花山煤化工园区及周边居民生命财产安全, 对珠江源所在区域的经济社会乃至整个珠江流域的可持续发展均具有重要的意义。同时, 建立花山煤化工园区防护林体系是实施西部大开发战略的迫切要求和沾益县建设山水园林城市的客观需要, 也是珠江源头及整个珠江流域经济、社会可持续发展的必要保障。

## 1 花山煤化工园区基本情况及现状

花山煤化工园区位于曲靖市沾益县盘江镇, 地处珠江源头区。曲靖市是云南省的主要产煤区, 花山煤化工园区现有云南云维股份有限公司、云维集团沾化分公司、曲靖大维焦化制供气有限公司、云南大为制氨有限公司、云南大为制焦有限公司、云南大为装备制造公司等国家、省属重点企业, 根据省委、省政府关于化工行业整合要求, 上述各公司

于2004年整合为云南云维集团有限公司。集团公司现有资产总额101亿元, 现有的主要产品规模为: 合成氨26万t、尿素30万t、纯碱18万t、氯化氨18万t、复合肥15万t、电石8万t、聚乙烯醇3万t、水泥50万t、焦炭105万t、甲醇8万t。近期新增的装置有: 50万t/a合成氨、200万t/a焦化、20万t/a甲醇。现有员工8000余人, 2007年销售收入42亿元, 2008年计划实现销售收入72亿元, 利润5亿元。新的云维集团有限公司作为花山煤化工园区的龙头企业, 致力于煤化工事业发展, 将沿着煤焦化、煤气化及碳一化工、乙炔化工、生物能源四条产业链, 持续培育新的经济增长点, 形成总体平衡、横向成群、纵向成链、循环增效、协调发展的产业格局。

## 2 防护林建设的必要性

### 2.1 特殊生态功能要求

花山煤化工园区位于珠江源头, 珠江是我国第三大河流, 发源于云南省曲靖市沾益县, 流经滇、黔、桂、粤、港、澳等六省(区), 流域面积45.37万km<sup>2</sup>, 居全国第二位。珠江源地区作为珠江源流域的上游地区, 以其特殊的地理位置, 肩负着重要的生态功能。该地区生态环境的好坏直接影响到整个流域45.37万km<sup>2</sup>地区的经济和社会发展, 该区在保持珠江源流域生态平衡、减轻自然灾害、确保生态安全等方面具有十分重要的作用。

花山煤化工园区由于历史原因, 企业与集镇、居民区交叉分布, 污染纠纷、污染事故时有发生, 存在严重的环境污染隐患。近年来, 花山煤化工园区各污染企业在治理环境污染、维护和改善珠江源区域自然生态环境, 保障珠江流域生态安全、保障辖区环境安全等方面做出了巨大的贡献。但生态环

境恶化的趋势至今仍未得到根本扭转,加之基础设施建设不完善,重大风险源环境污染隐患依然存在。

鉴于花山煤化工园特殊的生态功能要求,也为提高花山片区生态环境质量,维持好珠江源头乃至整个珠江流域良好的生态功能,建立花山煤化工园区防护林具有重大意义。

## 2.2 防护林的建设将产生可观的生态效益

花山煤化工园区防护林工程的实施,初步估算将新增森林面积 $351.33\text{hm}^2$ ,其中花山片区退耕还林地 $266.67\text{hm}^2$ 、宜林地封山育林 $84.67\text{hm}^2$ ,森林覆盖率提高0.1个百分点。通过森林保护措施的落实,促进自然生态的恢复,林分质量得到一定提高,林种结构更趋合理,森林生态功能明显增强。通过建设花山煤化工园区重点防护林,将使珠江源地区水源涵养功能加强,防护林将维护花山煤化工园区周边花山水库、南盘江、松林集镇、方城集镇、花山集镇、园区周边居民、园区内部员工、工农业、交通等的生态安全,能有效减轻环境污染危害,使生态状况步入良性循环,区内居住环境、生产环境明显改善。

生态效益量化按森林生态替代值计算:

①涵养水源效益: $1\text{hm}^2$ 森林可增加蓄水 $375\text{m}^3$ ,以 $1\text{m}^3$ 0.2元计算,其替代价值为2.64万元。

②保土效益: $1\text{hm}^2$ 森林每年保土60t,按固土工程每1t1元计算,其替代价值为2.11万元。

③保肥效益: $1\text{hm}^2$ 森林每减少土壤中氮、磷、钾流失折合化肥12.6t,以1t800元计算,其替代值为354.14万元。

④供给氧气、净化环境效益: $1\text{hm}^2$ 森林日释放氧气735kg,吸收二氧化碳1005kg,工程实施后,将新增日释放氧气258.23t,吸收二氧化碳353.09t,还能吸收多种有害气体和灰尘,使环境质量得到改善。

## 2.3 防护林的建设对当地产生的经济效益

花山煤化工园区重点防护林的经济效益更多地体现在间接经济效益方面。通过实施防护林工程建设,努力发展生态工业,能使生产效益明显增加,综合发展实力增强。

沾益县通过实施花山煤化工园区重点防护林工程,计划申请国家补助780万元,通过实施项目带动地方经济发展,增加了全县的经济实力。通过实施花山煤化工园区重点防护林工程,全县新增森林

面积 $351.33\text{hm}^2$ ,按7500元/ $\text{hm}^2$ 的单价计,可产生林价为263.5万元直接经济效益。

## 2.4 防护林的建设对当地产生社会效益

防护林产生社会效益的内涵就是对当地的社会环境的影响及产生的宏观社会效益,对当地实现社会发展目标和国民经济发展目标所做的贡献程度。而社会是由个体和不同的群众组成,因此对一定区域而言,防护林对不同群众和个体的效益就是社会效益,花山煤化工园区防护林建设对当地产生的社会效益主要表现在:一是通过实施花山煤化工园区防护林工程,将增强全县人民爱惜资源、重视生态环境保护的意识,人民的文化素质会相应提高,使森林资源得到恢复和发展,生态环境得到改善,使珠江源头第一县山川更加秀美,同时能促进工业、农业的协调发展,并加快全县物质文明和精神文明建设步伐,实现民族团结、社会稳定。二是花山煤化工园区防护林工程的建设对园区所在地乃至珠江流域的社会发展影响较大,对珠江流域生态环境的改善与维护意义重大。三是缓解社会就业压力,增加农民收入。实施防护林工程,国家实行一系列优惠政策,退耕户从中得到实惠,还能提供7.3万个季节性工日的劳动就业机会,这将有利于农民收入的增加和农村剩余劳动力作用的发挥。

## 2.5 防护林建设有利于改变当地小气候

防护林对区域性气候影响不大,但是对小范围能有防风效应、调节气温、增加空气湿度和蒸发量。

防风效应:当低层气流在行进中遇到林带时,由于受到林带的阻挡作用,一部分气流从林带的间隙通过,另一部分气流被迫抬升从林带上方通过,故在林缘处风速较林带前有所减弱;而穿过林带的气流受到树干、树枝碰撞磨损作用以及枝条对机械能的损耗,使林带内的风速大大减弱,一般可使风速平均降低20%~30%,因而在防护林一定区域内会使风廓线发生变化,具有良好的防风效益。

调节气温:防护林对气温影响表现出季节变化规律,而且对气温的影响比较复杂,受很多因子如天气类型、林带结构、风速大小和下垫面状况的影响。据有关资料显示,林带可降低林后一段距离内的空气温度,地面吸收的太阳辐射一部分通过热传导传到地下,另一部分通过长波辐射使近地层空气增温,然后通过湍流交换输送到上层大气中。由于林带减弱了湍流作用,使得林内部及林后一段距离内的空气温度变化不大。但在炎热的夏季正午,防

护林对林带后方产生有效的庇荫,导致林带间和林带后的小区域有明显的降温效应。

增加空气湿度和蒸发:防护林带在一定范围内具有提高空气相对湿度的作用。由于林带的防风效应,林带内和林带后风速明显减弱,气流交换缓慢,土壤及地被植物蒸发的水汽不易扩散,致使林带内以及林带后一定范围内的空气相对湿度维持在较高的水平,林带内和林带后的增湿效应均较明显。而且由于湍流交换作用减弱、风速减小,林内蒸发量可平均降低14%左右。

通过防护林改变了小范围的小气候,利用其特性,可有效地改变工业园区内污染物的排放规律,也可吸附部分污染物,从而减轻对工业园区周围居民环境和其它环境的影响。

### 2.6 防护林发挥多功能防护作用

防护林经过合理的布局和遵循社会经济发展需求,可发挥改善水质、卫生防护、农田道路防护和改善环境等多功能防护作用。

防护林对水质的改善功能主要体现在水流经过林带时,林冠层、林冠下的枯枝落叶和土壤层对其中各种微生物及污染物物理化学物质的过滤、吸收和净化,以及对地表水的改善作用。国外有研究表明,污水穿过40m左右的林带,水中细菌含量可减少一半。

防护林的卫生防护功能,采取因害设防的理念,在化工集中区根据风向及化工企业的污染强度,经过调查污染源、污染物排放强度、上下风向、风速大小等因素,按照正常工况下污染物无组织排放计算的结果并适当考虑环境风险所得的环境防护距离,作为化工区与生活区的控制间距,防护林宽带在此间距内进行合理的布置,合理选择种植结构。通过该防护林带有效阻隔、疏导、吸收工业区内产生的苯、甲苯、二甲苯、硫化氢、氨、氯化物等有毒有害气体,净化空气,吸附飘尘,缓解污染。

花山煤化工园区处在一个特殊的地理位置,由于受历史原因的影响,园区侧面有320国道通过,园区附近有大量的农田。因此,合理进行规划后,防护林还能兼顾农田道路防护功能。

### 3 对防护林建设的建议

#### (1) 做好前期规划管理工作

花山煤化工园区重点防护林工程是一项功在当代、利在千秋的系统工程,直接关系到沾益乃至整个珠江流域未来社会、经济和生态环境的可持续发

展。项目纳入政府工作目标责任制和沾益县国民经济和社会发展规划,待批准后应成立由县政府、环保局、林业局、农业局、水务局、国土局、城建局等职能部门负责建立的健全管理机构,实施组织领导和协调管理。各部门要统一认识,明确责任,统筹可研,分步实施,并应根据规划确定的工作任务及重点,制定花山煤化工园区重点防护林工程建设奖惩办法:由政府拨出专款,奖励花山煤化工园区重点防护林工程建设任务完成得好的部门和个人。还要通过电视、广播、报刊、黑板报、标语等形式,将国家、省、市党委政府的有关政策规定,广泛向群众宣传,为工程的实施创造良好的工作氛围。

#### (2) 解决好布局、规模和园区发展的问题

一方面随着沾益县经济的快速发展,基础设施建设用地和工业用地迅速增长,防护林的规划中应确立防护林的宽度。防护林是一项系统工程,涉及面广,工作量大,社会性、政策性强。为确保防护林保护工程的实施,相关部门要制定切实有效的法律法规、政策措施,保证合理的林业资源开发与利用,在规划林业用地上,要慎重考虑建设林地的征占问题,避免造成资金的巨大浪费,促进防护林的建设和保护工作与经济协调发展。

另一方面,防护林体系建设中应该解决统筹规划问题,努力构建点、线、面协调的生态体系。结合花山镇建设和环境整治,更好地注重生态系统和生物物种的多样性,大力推出以乡土树种为主的乔灌木树种,最大限度地扩大森林面积,着力构建多树种、多层次、高效益的防护林带。根据花山区域地形、立地条件和区域经济发展现状来确定防护林建设工程,与当地经济社会发展的重点工程建设同步推进;推行生态公益林建设,加强人工造林、补植造林,人工促进天然更新,加强林分的抚育管理措施,着力提高防护林和区域林业资源质量。并加强科学研究,注重物种多样性在防护林体系建设中的应用,进一步开发优良的乡土植物,从单一层次的乔木纯林逐渐往多树种多层次的混交林方向发展,以发挥更好的防护效果。

#### (3) 结合实际,因害设防,合理选择树种

根据适地适树的原则,在确保生态效益优先的前提下,结合农村产业结构调整,把防护林建设与发展农村后续产业结合起来,适当选择一定的生态兼用型树种和少量经济林树种。结合因害设防的原则选用生长抗性强、抗化工废气及毒气、抑尘、杀菌、减噪等功能好的乡土树种。科学选择适宜当地

自然条件, 又对有毒有害气体吸附性较好的树种。主要选择如下:

抗乙烯树种: 夹竹桃、凤尾兰、雪松、龙柏、女贞、五针松、罗汉松、桔、菊花。

抗二氧化硫树种: 罗汉松、龙柏、桧柏、侧柏、夹竹桃、大叶黄杨、山茶花、海桐、女贞、樟树、苏铁、广玉兰、杨梅、黄杨、椿、朴树、无花果、桑树、刺槐、板栗、桃树。

抗氯化氢树种: 龙柏、大叶黄杨、茶花、紫藤。

抗二氧化氮树种: 龙柏、大叶黄杨、夹竹桃、桑树、石榴、垂柳、泡桐。

抗苯树种: 桑树、女贞、无花果、月季。

抗烟气树种: 侧柏、臭椿、银杏、落叶松、山茶、柳树、梧桐、椿树、滇杨。

在这些树种选择的基础上, 合理进行林带结构设计, 平面布置上根据现场情况, 结合原有道路、排水系统、居民区等分割林带单元, 以大乔木、小乔木、灌木、以及地被形成复合林带, 以不同树木形成高低错落、疏密有致的防护林。

#### 4 结语

花山煤化工园区重点防护林工程建设以改善生态环境质量和维护生态环境安全为目标, 紧紧围绕重点地区、重点生态环境问题, 统一可研, 分期实施, 以恢复植被、集中治理工业污染、集中整治园区环境为工作重点。防护林带建设是园区和居民区和谐发展的重要组成部分, 是保护环境质量, 保证居住环境安全、健康的基础保障。花山煤化工园区重点防护林建设工程的实施, 根据园区污染源的特点合理进行布局, 选择树种及林带结构, 形成良好的防护效果, 发挥最大的生态效益。将使区内森林覆盖率有所提高, 污染自净能力增强, 群众生产生活环境明显改善, 促进经济、社会、环境协调发展。

#### 参考文献:

- [1] 沈哲东, 魏凤巢. 上海化学工业区防护林建设 [J]. 中国城市林业, 2008, (4): 28-30.
- [2] 白育英. 大青山水源涵养生态效益的研究 [J]. 内蒙古林业科技, 2000, (4): 16-19.
- [3] 刘新征. 化工集中区防护林带规划设计探讨 [J]. 绿色科技, 2013, (1).

## Protective Forest Development in Huashan Coal Chemical Industrial Park in Zhanyi County

HU Jia-shou

(Zhanyi County Environmental Monitoring Station, Zhanyi Yunnan 655331 China)

**Abstract:** This paper gives a brief introduction about Huashan Coal Chemical Industrial Park, and discusses the necessity of developing the protective forest in the Park, taking into consideration of its ecological, social and economic benefits, and its multiple functions in regulating the microclimate and ecological protection, and the particular ecological functional zoning in Huashan. The recommendations are also made on how to develop the protective forest.

**Key words:** coal chemical industrial park; protective forest; necessity; recommendation; Zhanyi

# 深圳市经济增长与水污染物减排

彭胜巍, 王越, 彭溢

(深圳市环境科学研究院, 广东 深圳 518001)

**摘要:**通过对深圳市社会经济发展和污染物排放情况进行分析, 研究产业结构变化趋势及主要行业水污染物排放特征, 最终结合深圳市“十二五”水污染物总量控制目标, 提出全市总量控制和污染减排的对策建议。

**关键词:**经济增长; 水污染物; 减排; 深圳市

**中图分类号:** X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0028-03

水环境污染是当前城市面临的一个十分突出的环境问题, 不仅受到城市居民的普遍关注, 也是衡量城市可持续发展能力和宜居程度的重要指标。污染减排是近些年国际上使用较为普遍的环境管理措施, 通过限制和削减污染物排放总量达到改善流域和区域环境质量的, 在污染治理及环境改善等方面发挥了重要作用<sup>[1,2]</sup>。我国从“十一五”开始, 开展了主要污染物总量减排工作, 主要污染物总量减排既是实现结构调整、转变增长方式的突破口和重要抓手, 也是消除环境污染、提升环境质量、解决环境问题的重要途径<sup>[3-7]</sup>。近年来, 深圳市大力推进工程减排、结构减排、监管减排, 在保持社会经济高速发展的同时, 确保化学需氧量和氨氮两项主要水污染物排放总量持续下降。

## 1 社会经济发展与污染物排放状况

“十一五”期间, 深圳市社会经济高速发展, 全市常住人口由 2006 年的 846.43 万人增加到了 2010 年的 1035.79 万人<sup>[8]</sup>, 上升了 22.4%, 全市生产总值 (GDP) 由 2006 年的 5813.56 亿元增加到了 2010 年的 9510.91 亿元<sup>[8]</sup>, 上升了 63.6%。通过实施主要污染物总量减排, 在保持人口和经济快速增长的同时, 深圳市两项主要水污染物排放量反而呈现下降趋势, 其中全市化学需氧量 (COD) 从 2006 年的 53049.56t 减少到 2010 年的 34827.99t, 累计减排 18221.57t<sup>[9]</sup>, 较 2006 年下降了 34.3%, 氨氮 (NH<sub>3</sub>-N) 从 2006 年的 7269.05t 减少到 2010 年的 5826.76t, 累计减排 1442.29t<sup>[9]</sup>, 较 2006 年下降了 19.8%, 如图 1

所示。

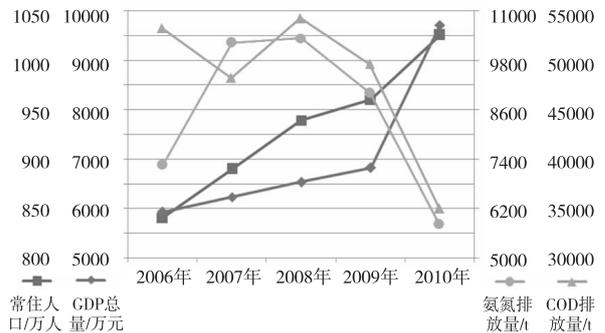


图1 2006—2010年深圳市社会经济发展与主要水污染物变化情况

## 2 产业结构变化趋势

随着污染减排工作的开展, 深圳市经济增长方式和环境质量得到了明显改善。近年来, 深圳市以华为、中兴、比亚迪、腾讯为代表的高新技术企业迅速发展, 生物能、新能源、互联网等战略性新兴产业保持良好的发展态势, 证券、基金、创投业继续保持全国领先地位, 区域金融中心地位进一步巩固。深圳市产业结构明显优化, 三产比重由 2006 年的 0.12:52.64:47.24 优化调整为 2010 年的 0.06:47.56:52.38<sup>[8]</sup>, 如表 1 所示。以农业为主的第一产业日益萎缩, 第二产业和第三产业是深圳市经济发展的主要支柱, 且第三产业比重逐步提高, 后工业化趋势明显, 现代产业体系框架基本形成。

## 3 2010 年主要行业水污染物排放情况

2010 年深圳市化学需氧量排放量最大的行业依次是通信设备、计算机及其他电子设备制造业、金属制品业、饮料制造业等 10 个行业, 完成产值 5860.98 亿元<sup>[8]</sup>, 占全市工业总产值的 61.6%, 其对应的化学需氧量排放量为 11662.89t, 占全市工业

收稿日期: 2013-06-21

基金项目: 深圳市环境科技计划项目 (2009-2011)。

作者简介: 彭胜巍 (1984-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要从事污染减排、生态与可持续发展等方面的研究。

化学需氧量排放总量的 73.5%，其中除通信设备、计算机及其他电子设备制造业以外的 9 个行业仅贡献了全市工业 GDP 的 12.6%，却排放了 51.7% 的工业化学需氧量，其排放强度为 0.19 ~ 3.76kg/万元，是深圳市 COD 减排的重点行业；氨氮排放量最大的行业依次是通信设备、计算机及其他电子设备制造业、电力、热力的生产和供应业、饮料制造业等 10

个行业，完成产值 6288.70 亿元<sup>[8]</sup>，占全市工业总产值的 66.1%，其对应的氨氮排放量为 1332.72t，占全市工业氨氮排放总量的 83.6%，其中除通信设备、计算机及其他电子设备制造业以外的 9 个行业仅贡献了全市工业 GDP 的 17.0%，却排放了 50.7% 的工业氨氮，其排放强度为 0.01 ~ 0.32kg/万元，是深圳市氨氮减排的重点行业。

表 1 深圳市三次产业占本市生产总值的比重

名称	类别	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
生产总值	产值/亿元	5813.56	6801.57	7786.79	8201.32	9510.91
	比重/%	100	100	100	100	100
第一产业	增加值/亿元	6.97	6.94	8.29	6.69	5.70
	比重/%	0.12	0.10	0.11	0.08	0.06
第二产业	增加值/亿元	3060.09	3416.57	3860.47	3827.08	4523.38
	比重/%	52.64	50.23	49.58	46.66	47.56
第三产业	增加值/亿元	2746.51	3378.06	3918.03	4367.55	4981.81
	比重/%	47.24	49.67	50.32	53.25	52.38

表 2 深圳市化学需氧量排放重点行业

排序	行业类别	工业产值 /万元	对全市工业 GDP 的贡献/%	COD 排放 量/t	对全市工业 COD 排放量的贡献/%	排放强度 / (kg/万元)
1	金属制品业	3659739	3.8	2859.2	18.0	0.78
2	饮料制造业	560991	0.6	1359.6	8.6	2.42
3	纺织业	248494	0.3	934.8	5.9	3.76
4	农副食品加工业	997176	1.0	768.5	4.8	0.77
5	食品制造业	337612	0.4	574.9	3.6	1.70
6	电气机械及器材制造业	2447947	2.6	463.4	2.9	0.19
7	专用设备制造业	769649	0.8	448.8	2.8	0.58
8	交通运输设备制造业	2061629	2.2	430.4	2.7	0.21
9	化学原料及化学制品制造业	853781	0.9	364.8	2.3	0.43
	小计	11937017	12.6	8204.3	51.7	-
10	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	46672785	49.1	3458.6	21.8	0.07
	合计	11937017	61.6	11662.9	73.5	

表 3 深圳市氨氮排放重点行业

排序	行业类别	工业产值 /万元	对全市工业 GDP 的贡献/%	氨氮排 放量/t	对全市工业氨氮排 放量的贡献/%	排放强度 / (kg/万元)
1	电力、热力的生产和供应业	1669725	1.8	312.4	19.6	0.19
2	饮料制造业	560991	0.6	158.3	9.9	0.28
3	纺织业	248494	0.3	79.9	5.0	0.32
4	金属制品业	3659739	3.8	58.3	3.7	0.02
5	农副食品加工业	997176	1.0	45.3	2.8	0.05
6	电气机械及器材制造业	2447947	2.6	43.7	2.7	0.02
7	交通运输设备制造业	2061629	2.2	43.6	2.7	0.02
8	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	3346471	3.5	36.2	2.3	0.01
9	塑料制品业	1222002	1.3	31.0	1.9	0.03
	小计	16214173	17.0	808.7	50.7	-
10	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	46672785	49.1	524.0	32.9	0.01
	合计	62886957	66.1	1332.7	83.6	

#### 4 总量控制与污染减排

根据《深圳市人口发展“十二五”规划》<sup>[10]</sup>和《深圳市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》<sup>[11]</sup>,到2015年深圳市总人口将达到1100万人,GDP将达到1.5万亿元,即人口和GDP的年均增长分别达到1.2%和9.5%,人口、经济的飞速发展将进一步导致资源能源消耗和污染物产生量的持续增加。另一方面,国家和广东省下达深圳市的“十二五”污染减排目标为,到2015年,全市化学需氧量和氨氮排放量应分别较2010年减排23.1%和23.9%。深圳面临的环境压力与减排形势极其严峻,加强污染减排工作已成为城市发展过程中迫切需要解决的重要环境问题。针对深圳市经济发展和污染排放状况,应采取以下措施推动化学需氧量和氨氮减排工作。

(1) 实施总量控制制度,制定建设项目主要污染物总量前置审核相关管理办法,提高环保准入门槛,从源头减少污染物产生量。把取得主要污染物排放总量指标作为建设项目环评审批的前置条件,把落实主要污染物排放总量指标作为环保试运行和验收的必要条件。

(2) 进一步优化产业结构,加大落后产能淘汰力度。强制淘汰污染严重企业和落后生产能力、工艺、设备与产品,着力降低污染物排放强度,使深圳市产业结构整体素质和效率向更高层次不断演进,实现资源优化配置,推进产业结构的合理化和高级化发展。

(3) 推进工业企业实施水污染深度治理,严格实施清洁生产审核。对超标超总量排放企业实施强制性清洁生产。鼓励企业资源开展清洁生产,鼓励生产规模加大的企业增加污水处理设施,提升污染治理技术,重点做好废水排放量较大企业的深度治理工程。

(4) 突出流域治理,加快污水治理设施配套管网建设。新建城市生活污水处理设施和配套管网

必须同步设计、同步建设、同步投入运营,重点加强已建成污水处理设施的配套管网建设,推进雨污分流和污水收集管网建设,避免出现“重厂轻管”的现象,切实提高污水处理量和进水浓度,确保污水治理设施较好地发挥减排效益。

(5) 大力推进再生水回用,提高水资源的综合利用能力。利用中水开辟第二水源,不仅可以缓解淡水资源短缺,同时也是协调城市水资源与水环境的根本出路。应结合污水处理厂的升级改造,在有条件的污水处理厂建设或改造中水系统,不断拓展中水使用范围、扩大使用量,有效实现污水“减量化、再利用、资源化”。

#### 参考文献:

- [1] 于飞. “十二五”污染减排面临的形势和政策措施 [J]. 环境保护, 2012, (19): 27-30.
- [2] 赵华林, 王勇. 认清形势稳步推进水污染物总量减排工作 [J]. 中国环保产业, 2007, (8): 17-19.
- [3] 曹宝, 罗宏, 王秀波. 中国水污染物排放特征及其环境经济分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 3 (20): 261-264.
- [4] 黄春. 海南省经济增长与污染减排 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20 (3): 217-218.
- [5] 李继郁. 强化总量控制推进污染减排的思考 [J]. 环境保护, 2007, (24): 28-30.
- [6] 赵华林, 郭启民, 黄小贻. 日本水环境保护及总量控制技术政策的启示—日本水污染总量控制考察报告 [J]. 环境保护, 2007, (12): 82-87.
- [7] 孟伟. 流域水污染总量控制技术与示范 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [8] 深圳市统计局. 深圳市统计年鉴 (2006-2011) [M]. 深圳: 中国统计出版社.
- [9] 深圳市人居环境委员会. 深圳市环境质量报告书 (2006-2011) [M]. 深圳: 深圳市人居环境委员会, 2006-2011.
- [10] 深圳市人民政府办公厅. 关于印发深圳市人口发展“十二五”规划的通知 [EB/OL]. [http://zwgk.gdl.gov.cn/007543382/201111/t20111102\\_291134.html](http://zwgk.gdl.gov.cn/007543382/201111/t20111102_291134.html), 2011-10-22.
- [11] 深圳市人民政府. 深圳市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要 [EB/OL]. [http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/szgg/tzgg/201103/t20110329\\_1647219.htm](http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/szgg/tzgg/201103/t20110329_1647219.htm), 2011-01-19.

## The Economic Growth and Water Pollutant Reduction in Shenzhen

PENG Sheng-wei, WANG Yue, PENG Yi

(Shenzhen Environmental Science Academy, Shenzhen Guangdong 518001 China)

**Abstract:** Based on the analysis of the socio-economic growth and the pollutant discharge in Shenzhen, a study is carried out about the development trend of the industrial structure and the characteristics of pollution discharge in the major industries. The suggestions and countermeasures are finally proposed for the pollutant control and discharge reduction, according to the total load control targets of the water pollution during the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan period in Shenzhen Municipality.

**Key words:** economic growth; water pollutant; discharge reduction; Shenzhen Municipality

# 基于 TM 影像的弥勒县植被覆盖变化率研究

曾 浩, 王金亮, 牛 怡, 温世万

(云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

**摘 要:** 归一化植被指数 (NDVI) 是目前用以表征植被覆盖、生长状况的一个简单、有效的度量参数。本文以弥勒县 1992 年 4 月及 2006 年 6 月的两景不同时期的 TM 影像数据为基础, 提取 NDVI 植被指数并进行优化处理, 做出植被覆盖的基本分类, 并将所得数字图像在 Arcgis 平台上进行面积统计, 最后通过统计变化数据得到弥勒县的植被覆盖变化情况。

**关键词:** TM 影像; NDVI; 植被覆盖; 变化率; 弥勒县

**中图分类号:** X87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0031-04

植被覆盖度指的是植物群落总体或者个体的地上部分的垂直投影面积与样方面积之比的百分数, 它反映植被的茂密程度。植被覆盖状况在生态系统中很大程度地影响甚至决定着某一区域中的第一性生产力、环境承载力、水土流失强度等生态系统的状态与功能<sup>[1]</sup>。因此通过获取植被覆盖度能快速、准确地掌握区域内的植被覆盖情况及其变化情况。本文以云南省弥勒县为例, 通过 NDVI 植被指数模型对植被覆盖变化进行分析, 以便能更好地了解该区域的植被覆盖特点及其变化特征, 为改善环境, 发展生产提供科学可靠的理论依据。

## 1 研究区概况

### 1.1 地理位置

弥勒县地处云南省中部偏南, 红河哈尼族彝族自治州北端; 位于东经 103°04" ~ 103°49", 北纬 23°50" ~ 24°39", 北依昆明, 南接开远, 东邻文山, 西接玉溪。

### 1.2 气候特点

弥勒县地处亚热带接近北回归线。主要农业区光热条件好, 多年平均气温 17.3℃, 年日照时数 2176.4h。年均降雨量 99mm。境内东西多山, 中部低凹, 地势北高南低, 在群山环抱中, 形成狭长的平坝及丘陵地带, 山脉、河流趋向多由北向南。西部石山碎布, 间有成林的乔木、灌木; 东部山岭表层多为风化土壤, 广为草丛, 灌木和乔木林覆盖; 山岭之间有谷地, 耕地多散布于谷地和平坝中。最高海拔 2315m, 最低海拔 870m。

### 1.3 自然经济概述

弥勒县资源丰富, 煤炭储藏量就达 10 亿多 t。

全县大中小型水库百余座, 水能蕴藏量 54.5 万 kW, 可开发能量 42.15 万 kW, 光照充足、有效积温期长; 霜雪日短, 拥有得天独厚的自然条件, 适宜各种动植物生长, 是云南省烟、糖的主要产区。

## 2 数据处理和分类方法

### 2.1 数据来源

采用的主要数据是 1992 年 4 月及 2006 年 6 月的 TM 数据 (该区域最新共享数据为 2006 年) (兴趣区的遥感图像数据平均云量 < 5%), 以及国际科学数据平台 (<http://datamirror.csdb.cn>) 下载的 30m 分辨率的 DEM 数据)。

### 2.2 数据处理及研究方法

本次主要使用的软件平台是 envi 4.8、Arcgis 10。首先, 根据 30mDEM, 选取地面控制点完成对遥感影像的几何校正, 并借用 envi 平台的 spectral 工具完成快速大气校正。其次, 提取制作 NDVI 图, 在最后面积统计时又将数据转换为 30m \* 30m 分辨率的栅格数据, 方便计算。技术路线如图 1。

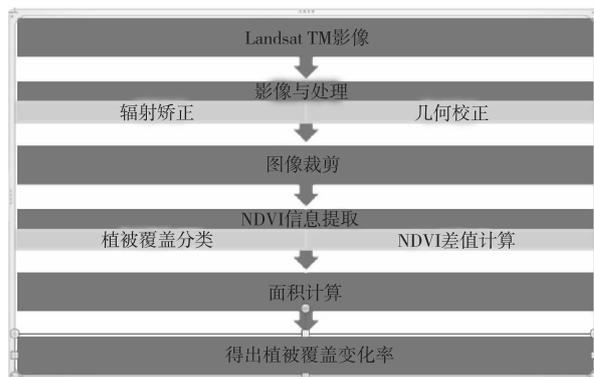


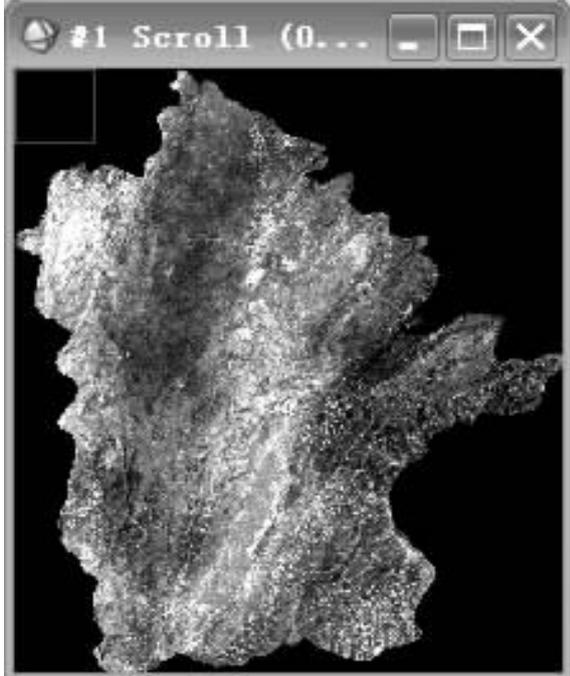
图1 技术流程图

### 2.3 影像数据裁剪

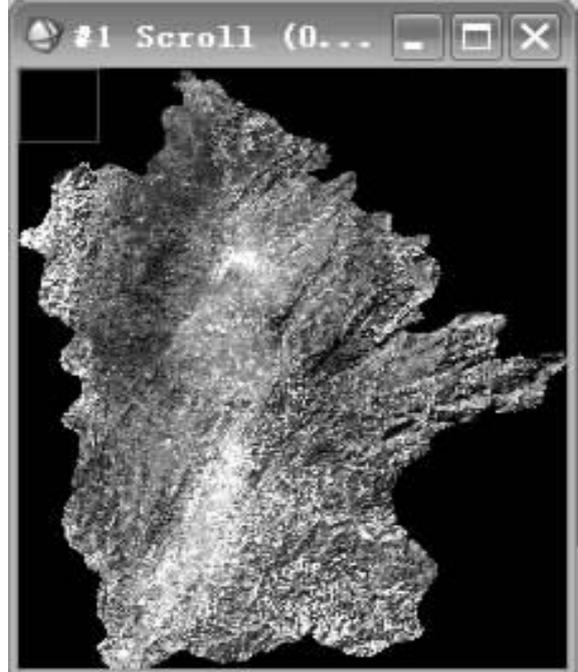
在 ENVI 中利用弥勒县的行政区界线 evf 文件对影像进行掩膜裁剪，裁剪后获得的图像如图 2 所示。

### 2.4 归一化植被指数

归一化植被指数是反映土地覆盖植被状况的一种遥感指标，是反映植被生长状况及植被覆盖度的一种广泛应用的指示因子<sup>[2]</sup>。

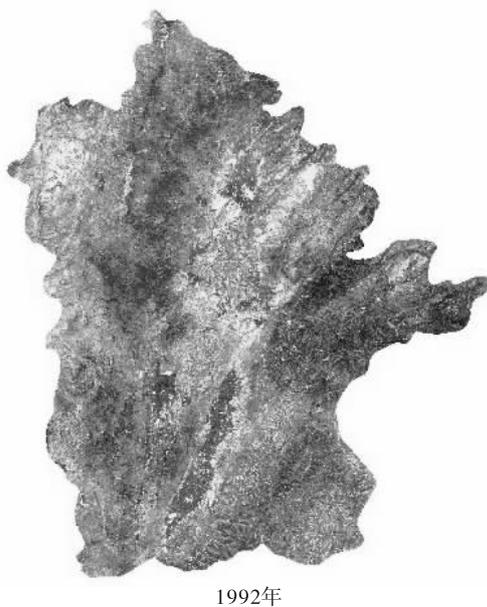


1992年 (123波段)

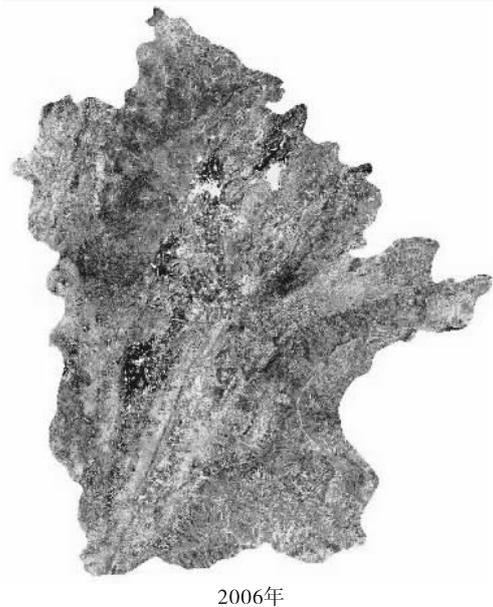


2006年 (123波段)

图2 裁剪后的弥勒县影像



1992年



2006年

图3 提取获得的NDVI图

$$NDVI = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$$

对于 TM 影像，TM4 为近红外波段的反射率；TM3 为红波段的反射率。NDVI 的取值范围为  $[-1, 1]$ ，负值表示地面覆盖为云、水、雪等，对可

见光高反射；0 值表示有岩石或裸土等 4 波段和 3 波段值近似相等；正值表示有植被覆盖，且数值越大说明植被活动性越强烈，在植被处于中、低覆盖度时，NDVI 随覆盖度的增加而迅速增大，当到达一定覆盖度后增长缓慢<sup>[3]</sup>。提取得到的 NDVI 如

图 3。

### 2.5 植被盖度分级与统计

得到的 TM 影像 *NDVI* 值域理论上应在  $[-1, 1]$ ，实验过程中发现某些值超出了这一范围，在 basic tools 进行波段运算，将  $< -1$  的值赋值为  $-1$ ， $> 1$  的值赋值为  $1$ ，对 *NDVI* 进行修正，公式为：

$$B1 < 1$$

$$B1 > (-1)$$

根据修正后的 *NDVI* 值分布情况及前人大量的研究成果分级<sup>[4]</sup>，在  $-1$  到  $0$  之间地物类型基本为水域、建筑群、戈壁等无植被的地区。之后 *NDVI* 值越高，植被活动越强，植被覆盖度越高。分级如表 1。

表 1 像元值与植被覆盖等级对应表

级别	NDVI 值	植被覆盖度	土地利用类型	覆盖等级
I	0.70 ~ 1	60% 以上	密灌木地、密林地、灌木林地等	优等覆盖
II	0.51 ~ 0.70	30% ~ 60%	优良耕地、潜在退化土地、草地等	良等覆盖
III	0.41 ~ 0.51	15% ~ 30%	中低产草地、沙地、滩水地等	中等覆盖
IV	0 ~ 0.41	5% ~ 15%	稀林地、零星植被等	差等覆盖
V	-1 ~ 0	5% 以下	水域、建筑用地	劣等覆盖

### 2.6 *NDVI* 差值的计算及其覆盖度的转换

将获得的不同年份 *NDVI* 导入 ENVI 软件，计算 *NDVI* 差值<sup>[5]</sup>。

*NDVI* 差值 = *NDVI*<sub>2</sub> - *NDVI*<sub>1</sub>。即后一年的值减去前一年的值。其中 *b0* 赋值为后一年的 *NDVI* 灰度值，*b1* 赋值为前一年的 *NDVI* 灰度值。如此得到的是不同时相的 *NDVI* 变化值，参照前人的分类方法<sup>[6]</sup>，结合本研究区的值域变化，将 *NDVI* 差值分为 5 个等级（见表 2）。

表 2 *NDVI* 差值分级表

NDVI 差值	最小值 ~ 最大值				
	-0.1 ~ -0.1	-0.1 ~ 0	0 ~ 0.1	0.1 ~ 0.5	0.5 ~ 1.54
分级	I	II	III	IV	V
植被变化情况	较差	差	好	较好	极好

经统计得到了 *NDVI* 差值面积汇总表（见表 3）及 *NDVI* 差值分类图（见图 3），其中最小值为  $-1.89$ ，最大值为  $1.54$ ，平均变化值为  $-0.49$ 。值越大，说明植被覆盖变化越强烈<sup>[7]</sup>。均值的下降说明县域内的植被覆盖变化在 1992—2006 年是不断下降的。分析认为差值在  $-0.1 \sim 0.1$  的波动属于正常的自然现象，这部分达到全县 *NDVI* 变化率的 76.18%。考虑到这十几年来经济的发展使得城镇建设用地规模增大，在第 V 级劣等植被覆盖面积变化率占到了约 14%。

表 3 弥勒县植被覆盖变化面积汇总表

	I	II	III	IV	V	合计
面积/km <sup>2</sup>	390.46	903.19	1134.52	956.97	545.82	3931.00
比例/%	9.93	22.98	28.86	24.34	13.89	100.00

### 3 不同时相各覆盖等级的面积变化

在 Arcgis 10 中导入 *NDVI* 数字图像，转化为矢量数据，将数据分类后进行统计，结果见表 4。

表 4 植被覆盖分级面积汇总表

分级	1992 年		2006 年		变化情况
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	
I	245.22	6.24	407.16	10.36	161.94
II	374.18	9.51	289.86	7.37	-84.32
III	343.63	8.75	247.31	6.29	-96.38
IV	1273.59	32.40	1076.32	27.38	-197.27
V	1694.35	43.10	1910.38	48.60	216.03
合计	3931.00	100.00	3931.00	100.00	0.00

### 4 结论

以 1992 年、2006 年的 TM 影像为主要数据源，利用遥感和 GIS 软件获取了不同时相的 *NDVI* 差值分级图，植被覆盖分级图，各类植被面积的增减情况等数据，从结果可以看出，弥勒县近十几年随着经济建设的发展，环境保护意识也逐渐增强，V 级的建筑面积与 I 级的优等植被覆盖面积均大幅提高，但是县域内的自然植被环境情况却是总体降低。这一情况在 *NDVI* 差值数据中也得到了体现。通过两种方法得到的数据对弥勒县的植被覆盖情况描述都是一致的，侧面证明了 *NDVI* 差值表现植被覆盖变化是可行的。

#### 参考文献：

[1] 孙存举. 基于 *NDVI* 的清水县植被变化分析 [J]. 四川林勘设计, 2011, 12 (4): 13-17.  
 [2] 张俊华. 基于水稻冠层 *NDVI* 的土壤盐碱化信息预测研究 [J]. 水土保持通报, 2011, 12 (6): 113-120.  
 [3] 戴建光. 基于 TM 影像的城市建筑用地信息提取方法研究

- [J]. 现代测绘, 2008, 11 (6): 34-37.
- [4] 黄龙全. 基于 LandsatTM 影像的半干旱区土地利用信息提取 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 1 (1): 55-59.
- [5] 田野, 李海龙. 基于 TM 遥感影像图的鞍山市千山植被变化研究 [J]. 林业调查规划, 2009, 2 (1): 38-41.
- [6] 于婷. 青海省 1982-2003 年草地 NDVI 变化分析 [D]. 青海: 青海师范大学, 2010.
- [7] 魏强. 基于 MODIS 和 TM 数据的京津地区土地覆被分类方法研究 [D]. 石家庄: 河北师范大学, 2010.

## TM Image Assisted Study on the Vegetation Coverage Change in Mile County

ZENG Hao, WANG Jin-liang, NIU Yi, WEN Shi-wan

(College of Tourism & Geographical Science, Yunnan Normal University, Yunnan Kunming 650500 China)

**Abstract:** The normalized difference vegetation index (NDVI) is a simple and effective parameter to characterize the vegetation coverage and its growth status. From the TM image data of Mile County in April of 1992 and June of 2006, the NDVI index was extracted and optimized, and the vegetation cover was basically classified. On the Arcgis platform, the area was calculated and the change of the vegetation cover is obtained based on the statistical data.

**Key words:** TM image; NDVI; vegetation coverage; change rate; Mile County

# 福州生态市建设指标体系与对策研究

郑彩虹

(福州市环境科学研究院, 福建 福州 350011)

**摘要:**以福州市2011年数据为基准,对生态市建设进行了研究与分析,结果表明:通过加大生态创建推进力度,到2015年,福州市生态市建设19项指标均可达到生态市建设标准。

**关键词:**生态市;建设;指标;研究;福州

**中图分类号:**X3 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)05-0035-04

生态市是协调社会经济和生态环境持续健康发展,各个领域基本符合可持续发展要求的地市级行政区域,是地方生态建设示范区建设的最终目标<sup>[1]</sup>。生态市的主要特点是在一个市域范围内,在遵循经济增长规律、社会发展规律、自然生态规律的基础上,实现人与自然的和谐、经济增长方式集约化、产业体系生态化<sup>[2]</sup>。生态市表现为社会、经济、生态环境协调发展,物质、能量、信息高效利用;倡导良好的生态价值观和生态伦理观,生态保护意识强,既要保证经济发展,也要关注环境保护、社会进步,从而达到经济效益和环境效益的统一,实现社会主义市场经济条件下的经济腾飞与环境保护、物质文明与精神文明、自然生态与人类生态的高度统一和可持续发展<sup>[3]</sup>。

## 1 福州市概况

福州属亚热带海洋性季风气候,常年温暖湿润、雨量充沛。山海资源丰富,山地面积3878.8km<sup>2</sup>,占全市土地总面积的32.4%。海岸线曲折,海洋面积10573km<sup>2</sup>,大陆海岸线920km,乡级以上海岛岸线390km<sup>2</sup>,海岸线约占福建省的1/3,罗源湾、福清湾、兴化湾等是全国少有的深水港湾。地表径流丰富,全市水资源量666.49亿m<sup>3</sup>,人均水资源高达1.25万m<sup>3</sup>,地热资源是福州的一大特色。物产丰富,素有“福海宝地”之誉,非金属矿产中寿山石闻名遐迩。生物资源种类繁多,省级生态公益林面积32.4万hm<sup>2</sup>。福州市是一座具有2200多年历史的国家文化名城,现辖5

区2市5县,全市常住人口约687万人。2011年全市生产总值3736.38亿元,财政总收入506亿元。近年来,先后获得了国家卫生城市、中国优秀旅游城市、国家园林城市、国家环保模范城市、全国文明城市等荣誉称号<sup>[4]</sup>。

## 2 福州生态市建设总体目标

到2015年,全市基本形成经济社会发展与资源环境承载力相适应的生态经济发展格局,主要污染物排放控制在省下达的指标内,环保基础设施完善,环境质量状况优越,环境安全得到有效保障,生态环境质量位居全国前列,可持续发展能力显著增强,人民群众富裕文明程度明显提高,全市80%的县(市、区)建成国家级生态县(市、区),生态市建设各项考核指标均达到国家生态市的创建标准。

## 3 生态市建设指标体系分析

### 3.1 基本条件可达性

根据《生态县、生态市、生态省建设指标(修订稿)》<sup>[5]</sup>和国家生态建设示范区管理规程<sup>[6]</sup>,创建国家生态市应符合5项基本条件,其中比较困难的是第5项条件:要求完成80%的国家级生态县(市、区)、80%的国家级生态乡镇和80%的规模以上生态村创建,中心城市和县级市获得国家环保模范城市称号。福州市从2010年起加大生态市创建步伐,市政府颁布了《关于开展福州市“生态市、生态县(市)、生态乡镇、生态村”建设的实施方案》,制定了《福州市级生态村申报与管理规定》,明确了总体目标、总体安排、建设重点以及保障措施,对促进县(市)区开展生态系列创建具有重要推动作用。

目前,永泰县、晋安区、马尾区、福清市、长乐市已完成省级生态县(市)区创建并获得命名,

收稿日期:2013-06-06

基金项目:福州市生态市建设基础课题研究,福州市环境保护专项资金资助(榕财工指2010-42)。

作者简介:郑彩虹(1976-),男,福建省武平县人,工程师,硕士研究生,主要从事生态环境保护、环境影响评价、环境规划等相关研究。

省级生态县(市)区创建完成率达到55.5%;完成69个国家级、124个省级生态乡镇创建,完成率分别达到55%和91.2%;创建1694个市级以上生态村,完成率为80.8%;福州市在2012年顺利通过了环境保护部专家组现场复核和华东督查中心后督查。今后几年,要进一步加快生态细胞创建进度,确保在2015年前完成80%的生态细胞创建任务;福清市、长乐市应举全市之力,积极开展创建国家环保模范城市的各项工作,力争在2014年完成国家环保模范城市的考核验收。

### 3.2 建设指标的可达性

国家生态市建设考核指标共19项,其中有15项约束性指标,4项参考性指标。对照考核标准,15项约束性指标分析中,福州市有9项已基本达标,有6项尚未达标。

#### 3.2.1 已达标的约束性指标

基础条件较好、已经达标的约束性指标有9项,分别为“农民人均纯收入”、“单位GDP能耗”、“森林覆盖率”、“受保护地区占国土面积比例”、“空气环境质量”、“噪声环境质量”、“城市污水集中处理率/工业用水重复率”、“城镇生活垃圾无害化处理率/工业固体废物处置利用率”、“主要污染物排放强度指标”。已达标指标中,随着全市经济持续增大和城市建成区规模的扩大,部分指标还需要持续保持。

#### 3.2.2 难度较小的约束性指标

难度较小指标是指虽然与目标有一定距离,但通过努力比较容易达到,主要有2项指标,分别为“集中式饮用水源水质达标率”和“城镇人均公共绿地面积”。

##### 3.2.2.1 集中式饮用水源水质达标率

国家生态市创建标准中,该指标的规定要求为100%。2011年,福州市集中式饮用水源水质达标率为98.9%。原厝饮用水源地(闽江北港,西北区水厂水源地)、义序水厂饮用水源地(闽江南港)、马尾水厂白眉水库水源地三个水源地水质监测中达标率为100%;鳌峰洲饮用水源地(闽江北港,东南区水厂水源地)、城门水厂饮用水源地(闽江南港)氨氮、粪大肠菌群指标偶有超标;马尾水厂闽江备用水源地位于闽江下游马江段,受潮汐影响较严重,水质相对较差。通过加强集中式饮用水源地保护和监管,预计到2015年集中式饮用水源地水质达标率可达到100%。

##### 3.2.2.2 城镇人均公共绿地面积

国家生态市创建标准中,该指标的规定要求为 $11\text{m}^2/\text{人}$ ,2011年福州市城镇人均公共绿地面积为 $10.8\text{m}^2/\text{人}$ 。根据福州市城市总体规划提出“一环八楔、两带一网、十一山三十一园”的绿化系统结构,依托福州山水格局,形成以点带线,以线连面对“点一线一面”结合的完善绿化系统;通过进一步加大城市园林绿化工作,保障城市园林绿地的发展和养护,预计到2015年,城镇人均公共绿地面积可达到考核要求。

#### 3.2.3 难度较大的约束性指标

难度较大的约束性指标是指目前距离国家生态市指标考核要求差距较大,规划期内须加大建设力度才可能达标的指标。主要有4项,分别为“单位工业增加值新鲜水耗”、“应当实施强制性清洁生产企业通过验收的比例”、“水环境质量/近海海域水环境质量”、“环境保护投资占GDP的比重”。

##### 3.2.3.1 单位工业增加值新鲜水耗

国家生态市创建标准中,该指标的规定要求为 $\leq 20\text{m}^3/\text{万元}$ 。2011年,福州市单位工业增加值新鲜水耗为 $26.72\text{m}^3/\text{万元}$ ,距离标准值有较大的差距。市政府要加大水资源保护与管理,制定节水政策、实施差别水价、加强企业清洁生产审核等措施,降低工业新鲜水耗。

##### 3.2.3.2 应当实施强制性清洁生产企业通过验收的比例

国家生态市创建标准中,该指标的规定要求为100%。2011年福州市应当实施强制性清洁生产企业通过验收的比例为50%。要进一步加快清洁生产审核步伐,公布“双超双有”强制性清洁生产审核名录,限期督促企业开展清洁生产审核、评估和验收,使应当实施强制性清洁生产企业通过验收的比例达到国家要求标准。

##### 3.2.3.3 水环境质量/近海海域水环境质量

国家生态市考核值为达到功能区标准。2011年陆域水环境质量可达到功能区标准,但近岸海域水环境功能区达标率为44.4%。陆源污染物排放、海水过度养殖等是造成近岸海域水环境污染的主要原因。沿海县(市)要加强对临海工业区管理,加强陆源污染物排海控制,削减陆源污染物排海总量,推行海水生态养殖模式,实现近岸海域水环境功能区达标。

##### 3.2.3.4 环境保护投资占GDP的比重

国家生态市创建标准中,该指标的规定要求为 $\geq 3.5\%$ 。2011年,福州市环境保护投资占GDP的

比重为 2.6%。各级各部门要认真实施福州市生态市建设规划确定的重点内容和重点项目,同时也要多渠道筹集生态市建设资金,不断加大生态环境保护资金投入,改善人居环境品质。

表 1 福州国家生态市建设指标体系及规划目标

类别	序号	指标	指标标准值	基准年值 (2011 年)	规划目标		指标说明	
					2013 年	2015 年		
经济发展	1	农民年人均纯收入/(元/人)	≥8000	8500	达标	达标	约束性	
	2	第三产业占 GDP 比例/%	≥40	45.5	≥48	≥50	参考性	
	3	单位 GDP 能耗/(t 标煤/万元)	≤0.9	0.655	完成省下达任务	完成省下达任务	约束性	
	4	单位工业增加值新鲜水耗农业灌溉水有效利用系数/(m <sup>3</sup> /万元)	≤20	26.72	≥26	≥20	约束性	
		应当实施强制性清洁生产企业通过验收的比例/%	≥0.55	0.55	≥0.55	≥0.55	约束性	
环境保护	6	森林覆盖率/%	≥40	54.9	≥55.3	≥55.5	约束性	
	7	受保护地区占国土面积比例/%	≥17	>17	≥17	≥17	约束性	
	8	空气环境质量	达到功能区标准	达标	达标	达标	达标	约束性
		水环境质量		达标	达标	达标	达标	约束性
	9	近海水域水环境质量	44.4%	44.4%	44.4%	达标	达标	约束性
		化学需氧量(COD)排放强度		<4.0	2.92	<5.0	<4.0	约束性
	10	二氧化硫(SO <sub>2</sub> )排放强度/(kg/万元(GDP))	<5.0	2.48	<5.4	<5.0	约束性	
		集中式饮用水源水质达标率/%	100	98.9	≥99	≥100	约束性	
	12	城市污水集中处理率/%	≥85	86.6	≥85	≥85	约束性	
		工业用水重复率/%	≥80	87	≥80	≥80	约束性	
	13	噪声环境质量	达到功能区标准	达标	达标	达标	约束性	
	14	城镇生活垃圾无害化处理率/%	≥90	98	≥98	≥98	约束性	
		工业固体废物处置利用率/%	≥90且无危险废物排放	94	≥94	≥94		
15	城镇人均公共绿地面积/m <sup>2</sup>	≥11	10.6	≥11	≥11	约束性		
16	环境保护投资占 GDP 的比重/%	≥3.5	2.6	≥3.0	≥3.5	约束性		
社会进步	17	城市化水平/%	≥55	62	≥63.5	≥67.5	参考性	
	18	采暖地区集中供热普及率/%	≥65	—	—	—	参考性	
	19	公众对环境的满意率/%	>90	85	≥90	≥95	参考性	

#### 4 生态市建设对策建议

##### 4.1 加强组织管理,建立生态市建设的行政推进机制

成立生态市建设领导小组,全面负责生态市建设的决策、实施、监督、协调工作,及时解决生态市建设中出现的困难、矛盾和问题。各级政府要把生态创建工作列入重要工作日程,加强生态创建领导,加大创建指导力度,形成“党委政府领导、人大监督、部门分工协作、全社会共同参与”的生态创建工作格局。建立健全生态创建体制机制,制定生态创建目标责任考核机制,将生态县(市、区)、生态乡镇、生态村创建任务列入各级政府年度目标责任考核,并作为评价各级领导班子和干部政绩的重要内容。加强对目标责任落实情况的督促、检查

和考核,严格实施环境保护监督管理“一岗双责”暂行规定,确保生态市建设任务的全面落实。

##### 4.2 遵循法律法规,健全生态保护和建设的规范

建立健全适合福州市情的生态环境保护、农村农业面源污染控制、生态公益林建设管理、流域综合管理、湿地保护等政策和规范性文件。强化环境保护和生态建设执法监督管理,严格整治浪费资源、污染环境的行为,严厉打击破坏生态的违法行为,做到有法必依、执法必严、违法必究。全面推行行政执法责任制和责任追究制,规范执法部门和执法人员的行政执法行为,确保有关法律法规的实施。

##### 4.3 探索机制创新,建立生态环境建设的多元化投入机制

建立生态创建专项奖励资金,专门用于本辖区

生态系列创建奖励经费,建立健全创建奖励机制,对在生态创建中有突出贡献的单位和个人给予表彰、奖励。畅通多元化的投资融资渠道,建立多元化的投融资机制,按照“政府引导、社会参与、市场运作”的原则,建立多元化投入机制,广泛吸纳社会资本、民间资本、外商投资建设环境保护基础设施,鼓励社会资金转向生态环境建设领域。

#### 4.4 加快科技创新,形成生态市建设的科技支撑体系

建立为生态市建设服务的科技创新和技术创新体系,开展污染监控、生态重建、清洁生产和资源循环利用等重点产业和项目的研究开发工作。鼓励绿色食品、绿色工业产品、生物饲料、生物农药和环保产品的开发生产,加快环保科研成果、绿色生产技术和循环经济技术的推广应用。优先发展科技先导型、资源节约型、环境友好型产业和产品。积极吸收有关高等院校、科研院所和高新技术企业参与生态市建设的科技创新,加强产学研的紧密结合,提高生态市建设的科技支撑。建立全市的科技信息处理、信息传递网络,健全生态市建设的科技信息库、科技服务信息库,并逐步实现网络化、社会化和产业化。

#### 4.5 鼓励全民参与,建立生态市建设的公众参与体系

加强生态保护和建设理念的宣传教育,将生态市建设纳入干部教育和培训计划,作为学校国情、社情教育的重要内容。充分利用新闻媒体,采取各种宣传手段,增强社会各界的环保意识、生态意识和维权意识,使广大干部群众牢固树立保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就是发展生产力的理念,自觉增强建设生态市的责任感和使命感。建立公众参与机制,继续推行和完善环境信息和生态市建设信息公开化制度,促进各种社会团体、媒体、研究机构、社区居民参与到决策、管理之中。深入开展环境违法行为有奖举报活动,完善环境质量日报和环境质量公示公告制度,真正把建设生态市的决策,转化为政府各部门和全社会的自觉行动。

#### 参考文献:

- [1] 吕兴娜. 铁岭市生态市建设指标研究与分析 [J]. 现代农业, 2011, (3).
- [2] 黄光宇, 陈勇. 生态城市理论与规划设计方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 候天琛, 董小香. 城市生态转型与生态城市建设 [J]. 中国科技信息, 2006, (4).
- [4] 周亮进. 福州市生态建设规划研究报告 [R]. 2011.
- [5] 环境保护部. 生态县、生态市、生态省建设指标 (修订稿) [R]. 2008.
- [6] 环境保护部. 国家生态建设示范区管理规程 [R]. 2012.

## The Ecological City Construction Index System of Fuzhou and Its Countermeasures

ZHENG Cai-hong

(Fuzhou Institute of Environmental Sciences, Fuzhou Fujian 350011 China)

**Abstract:** Based on the data of 2011, the research and analysis were carried out of how to develop Fuzhou as an ecological city. The results show that the 19 criterion could reach the required standards of the ecology city by 2015, which means Fuzhou could be developed into an ecological city by then if the work of such development could be enhanced.

**Key words:** ecological city; development; index; research; Fuzhou

# 构建广西生态补偿机制对策探析

陈洋, 李霖

(广西壮族自治区环境监测中心站, 广西南宁 530028)

**摘要:** 广西构建生态补偿机制仍存在相关法制不健全, 现行财税政策不完善, 缺乏相应的技术支持、良性的投融资机制, 以及管理体制存在缺陷等方面问题。从加强宣传和提高意识, 建立和完善生态补偿法律法规, 完善税收收费制度、投融资机制以及管理体制, 并努力建立绿色国民经济核算体系和政绩考核制度, 积极开展基础研究和试点工作等方面探索构建广西生态补偿机制的措施与对策。

**关键词:** 生态补偿; 问题; 基本框架; 对策; 广西

**中图分类号:** X3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0039-04

生态补偿机制就是对承担着生态保护任务的地区给予利益补偿的制度。建立生态补偿机制, 是为了用计划、立法、市场等手段来解决下游地区对上游地区、开发地区对保护地区、受益地区对受损地区的利益补偿<sup>[1]</sup>。在传统发展模式, 生态环境价值往往不被考虑, 形成“环境无价、资源低价、商品高价”的观念, 导致环境利益背后经济利益分配关系的扭曲。从环境经济学角度看, 生态补偿机制是一种将社会经济活动产生的环境正外部性和负外部性内化的机制。许多专家认为, 生态补偿是解决开发建设和生态保护矛盾的主要出路。在《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》以及“十一五”规划纲要中都明确提出, 要尽快建立生态补偿机制; 为了建立促进生态保护和建设的长效机制, 党中央、国务院又提出“按照谁开发谁保护、谁破坏谁治理、谁受益谁补偿的原则, 加快建立生态补偿机制”<sup>[2]</sup>; 广西党委、政府也提出了建设生态广西的目标。要实现这个目标, 欠发达地区和农村的经济指标是难点和重点, 他们肩负着建设和保护的双重担子, 必须建立起有效的生态补偿机制才能加快他们的发展。而由生态补偿机制把生态环境资源的生态价值通过价格体现出来, 明确生态环境保护的权、责、利, 实现利用资源创造经济价值的利益再分配, 也体现了市场经济中公平竞争的原则。因此, 构建生态补偿机制, 促进广西生态安全, 是自治区贯彻落实科学发展观

的必然要求, 也是广西经济社会发展的现实要求, 更是统筹区域协调发展和建设和谐社会的重要途径。由于涉及生态安全的要素多、生态补偿的利益相关方复杂、生态补偿载体多样、生态补偿范围确定难度大等实际问题, 使得目前绝大多数研究都是个案分析, 包括生态补偿范围、生态补偿标准、补偿方式等有关生态补偿机制的关键问题均未形成成熟的思路和方法<sup>[3]</sup>。本文拟在分析广西生态补偿机制存在的主要问题的基础上, 探讨构建广西生态补偿机制的基本框架及对策。

## 1 广西构建生态补偿机制存在的主要问题

### 1.1 相关的法制不健全

生态补偿法律、法规和政策体系亟待建立。现有的法律、法规及政策没有涉及生态补偿的条款, 无法遵循共同的原则和法律法规来指导和约束各利益方的经济和社会行为, 实现共同发展。

### 1.2 现行的财税政策不完善

现行的财税政策不完善在一定程度上限制了生态补偿机制的建立。例如, 我国现行的资源税政策, 计税依据是销售量或自用量, 而不是开采量, 客观上鼓励了企业对资源的滥采滥用, 造成了资源和生态环境的破坏。

### 1.3 缺乏相应的技术支持

一是产权界定不清, 造成环境贡献者与环境受益者利益的“非对称性”。如何界定生态环境产权, 以明确生态效益的提供者和受益者, 成为制约生态补偿机制全面实施的一个很重要的技术因素。尽管目前中央确立了“谁受益谁补偿、谁破坏谁恢复、谁污染谁治理”的补偿原则, 但涉及到具体补偿行为时, 难以确定生态效益的提供者、受益者。二是生态补偿量化技术难度高。生态补偿要素不但包含

收稿日期: 2013-05-23

基金项目: 本文得到广西突发污染事故技术研究特聘专业岗位经费支持。

作者简介: 陈洋 (1982-), 男, 汉族, 湖南长沙人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境管理。

其生态保护、污染治理投入,还涉及到对其稀缺性的评估,其影响因素十分复杂。例如,目前广西每年每亩公益林的直接经济价值约75元,商品林地的平均租金在50~60元左右。在实施公益林规划后,纳入公益林保护的林农只能享受每年每亩10多元的补偿资金,大量森林因禁伐导致农民收入锐减,农民更无法将林地用于商品林的营造和其它用途<sup>[4]</sup>。在生态环境资源损耗尚未计入国民经济核算体系的情况下,以现有的技术水平,还拿不出能客观评价生态环境资源损失和受益的标准。

#### 1.4 缺乏良性的投融资机制

补偿资金的筹措和运作缺乏相应体制和政策支持。生态补偿实质上就是各地方政府之间部分财政收入的重新再分配过程。国内外生态补偿通行的做法是财政转移支付,而我国现行的财政体制是分灶吃饭,以中央对地方的纵向转移支付为主,补偿方式比较单一,区域之间、流域上下游之间、不同社会群体之间的横向转移支付微乎其微。这种完全由中央政府买单的方式显然与“受益者付费”的原则不协调。但环境和生态问题常常是跨区域性的,即使确定了补偿的标准和额度,由于财政体制的限制在很大程度上影响资金的筹集、调配、运作和统一管理,实施难度较大。

#### 1.5 管理体制存在缺陷

横向管理体制不健全,尤其是缺少跨省、跨地市、跨流域、跨部门的协调体制,无法解决跨省、跨地市之间,上下游和行业之间生态环境补偿问题。例如,珠江压咸补淡应急调水一直是免费“生态午餐”,每年“压咸补淡”的放水季节,也正逢广西的旱季,这与保障本地工业用水、农业灌溉之间难免产生矛盾<sup>[4]</sup>。目前,基本上是采取“搭车收费”的方式,收费和使用主要以部门或行业为界,如水利部门收取水资源费、环保部门收取排污费、国土资源部门收取资源费,部门间各自为政,条块分割,存在多头管理,不能形成合力。其他相关行业和部门的生态环境保护投入也得不到补助,在一定程度上影响了相关单位保护生态环境的积极性。

#### 1.6 绿色国民经济核算体系和政绩考核制度尚未建立

区域环境变化对相邻地区经济和社会财富增长的影响和作用得不到清晰的揭示和表达,区际生态补偿机制缺乏依托主体。

### 2 构建广西生态补偿机制的基本框架

#### 2.1 明晰界定资源产权,确定补偿的主体和被补偿对象

建议在国家和集体对自然资源的所有权不变的前提下,尽可能地分散自然资源的经营权和管理权,将因生态治理过程中发生的补偿直接分配给自然资源经营者和管理者,并且强化社会经济主体的环境产权意识,把环境资源视为环境资源资产,逐步将其划入资产领域进行有效调整,给予自然资源物权的享有者相应的产权的确定与保护,赋予权利人以制度上的保障。在此基础上,通过市场机制建立环境产权的作用和流转机制<sup>[5]</sup>。生态补偿机制的公共主体是政府及各类相应的机构和组织。由于生态经济的公共性,应当充分发挥政府在该生态补偿机制中的主导作用,坚持“受益者或破坏者支付,保护者或受害者被偿”的原则;以政府为主导,积极发挥市场作用的原则确定补偿的主体和被补偿对象。

#### 2.2 确定合理的补偿标准

补偿标准应该在经济发展水平和其对生态效益的需求间寻求平衡点。其标准的确定,很大程度上依靠对资源环境的价值进行评估,主要是依据生态保护者的投入、生态受益者的获利、生态破坏的恢复成本以及生态系统服务的价值。根据原则,补偿标准的下限应为生态系统类型转换的机会成本;补偿标准的上限应为生态系统服务功能的价值,生态效益补偿的标准界于上限与下限之间<sup>[2]</sup>。从目前来看,根据机会成本来确定补偿标准的可操作性较强。但是,从公平性来讲,根据生态服务价值来确定补偿标准更合理。因此,建议政府在近期根据机会成本来制定生态补偿标准,同时加强对生态系统服务功能的价值化研究扶持力度,逐步向根据生态服务订立补偿标准的方向过渡。

#### 2.3 确定多样化的补偿方式

(1) 生态补偿费与生态补偿税。一方面依生态环境法所得的罚款、没收所得,另一方面来源于生态环境税收<sup>[5]</sup>。

(2) 各级财政生态专项补偿。由各级政府在财政预算中安排一定的资金用于补偿生态环境利益外溢问题。今后要逐步建立全区财政补偿与各地区、各部门财政补偿相结合的补偿机制。

(3) 建立生态建设补偿基金。加大全区在生态重要保护和建设地区的投资力度。具体途径可从国民经济中按现行生态环境损失提取所需比例,也可在涉及地区环境损失的大型项目中提取一定比例的生态补偿费,还可通过区环保部门牵头成立“生态环境建设补偿基金”,以及号召有关企业、组织和个人捐赠<sup>[6]</sup>。

(4) 生态补偿保险金制度。适时征收生态安全保险金, 每一项破坏生态环境的行为都需要缴纳一定比例的保险金<sup>[7]</sup>。如矿区开采实行复垦抵押金制度, 未能完成复垦计划的其押金将被用于资助第三方进行复垦。

(5) 优惠信贷。小额贷款是以低息贷款的形式向有利生态环境的行为和活动提供一定的启动资金, 鼓励当地人从事该行为和活动。

(6) 交易体系。排污许可证交易市场、资源配额交易市场以及责任保险市场等是科斯定理在实践中的主要应用。这种方法在国外应用较为充分, 广西也可以参考。

(7) 积极发展生态旅游。将部分生态环境价值市场化, 采取生态环境产权交易补偿, 例如在旅游收入中收取一定比例的补偿基金<sup>[5]</sup>。

### 3 构建广西生态补偿机制的对策

#### 3.1 加强宣传, 提高意识<sup>[8]</sup>

生态文明建设是全社会的共同事业, 生态补偿必须通过宣传教育得到全社会的关心和支持, 使公众积极主动参与到生态补偿中去<sup>[6]</sup>。针对人们生态价值的模糊认识, 要加大宣传力度, 向全社会灌输环境有价的理念, 大力提倡“污染者付费、利用者补偿、开发者保护、破坏者恢复”。全面提高领导层、企业和公民的生态环境意识, 增强生态功能区居民和领导的维权意识, 增强受益地区干部和群众进行生态补偿的自觉性。在全社会形成生态环境不免费的理念, 从而为建立和实施生态补偿机制奠定浓厚的舆论基础。

#### 3.2 建立和完善生态补偿法律法规

应当尽快完善相关法律法规, 解决生态补偿的法律地位, 明确有关税收、财政转移支付和补偿资金筹集、调配、运作和管理等政策方面的问题。依法制定相关环境保护规划和资源综合利用规划, 明确各地区责任、权利、义务和利益, 规范各类与生态有关的行为, 建立资源共享、生态共保、经济共赢的管理机制。要制定专项自然生态保护法, 对自然资源开发与管理、生态保护与建设、生态建设投入与补偿的方针、政策、制度和措施进行统一的规定和协调。要通过立法确立生态税的统一征收、管理制度, 规范使用范围。对于重点污染企业和行业, 应立法规定企业提交年度环境报告, 由有关部门审计并提交环境审计报告, 两者均应在可能受污染的地区向公众公布, 建立起年度环境报告制度与环境审计制度<sup>[9]</sup>。

#### 3.3 完善有利于生态补偿的税收收费制度

一是改革和完善现行的排污收费制度。逐步扩大排污收费的范围, 提高排污收费标准, 加大收缴力度; 积极探索建立生态破坏保证金(或抵押金)制度, 把排污收费纳入财政的预算管理范围, 并逐渐实现环境收费向环境税收的转变。二是开征新的环境税, 调整和完善现行资源税。将资源税的征收对象扩大到矿藏资源和非矿藏资源, 增加水资源税, 开征森林资源税和草场资源税, 将现行资源税按应税资源产品销售量计税改为按实际产量计税, 对非再生性、稀缺性资源的开发要逐步提高税率; 扩大土地征税范围, 并适当提高税率; 发挥消费税在环境保护方面“寓禁于征”的调节作用。三是实行税收差异优惠政策。扶持引导环保和生态产业的发展, 如降低“三废”综合利用产品和清洁生产、生态工业、生态农业等税收的税率以及其所需设备和仪器的进口关税, 在一定的期限内免交全部或部分税收。

#### 3.4 完善生态补偿投融资机制

建立以政府主导、全社会支持、市场化运作的投融资体制。一是要建立“资金横向转移”补偿模式。要尽快出台财力补助政策、生态建设补助政策、生态保护补助政策和生态环境治理补助政策等, 抓紧出台《广西壮族自治区人民政府关于生态补偿若干政策措施的指导意见》, 并向欠发达地区、重要生态功能区倾斜。二是要按照“谁投资、谁受益”的原则, 尽快出台《生态补偿条例》, 明确生态补偿对象、补偿标准及补偿责任主体, 支持鼓励社会资金参与生态建设、环境污染整治的投资。积极利用国债资金、开发性贷款, 以及国际组织和外国政府的贷款或赠款, 努力形成多元化的资金格局。三是要培育资源市场, 使资源资本化、生态资本化, 积极探索资源使(取)用权、排污权交易等市场化的补偿模式。完善水资源合理配置和有偿使用制度, 加快建立水资源取用权出让、转让和租赁的交易机制; 探索建立区域内污染物排放指标有偿分配机制, 逐步推行政府管制下的排污权交易。

#### 3.5 完善生态补偿的管理体制

生态补偿实际上是区域协调, 不同部门、阶层利益关系调整的重大问题, 需要综合协调。应加强区域之间、部门内部、各阶层之间的生态补偿工作。应尽快制订出台跨省流域调水的市场补偿政策, 增加中央财政对珠江上游省区的财政转移支付, 设立生态补偿公益基金, 组织和协调建立流域上下游之间的对口帮扶制度, 将珠江流域少数民族

地区水源林区群众全部纳入农村居民最低生活保障和粮食补助范围,制定实行水权交易政策等<sup>[4]</sup>。建议可借鉴浙江、江苏等沿海地区生态补偿情况,根据实际情况建立上下游生态补偿机制<sup>[6]</sup>,在广西建立生态补偿委员会,地方层面也可以参照建立类似的协调组织。成员可包括相关专家、各利益方相关人员、上级政府人员,也可吸纳部分社会人士等。它的主要职责是组织协商补偿方式和途径、确定补偿额度及负责监督生态补偿机制的实施和处理突发事件,确保补偿的顺利进行和公平公正。

### 3.6 建立绿色国民经济核算体系和政绩考核制度

为构建生态补偿机制提供保障,最关键的就是干部的政绩考核和GDP的指标问题。要加快国民经济绿色核算体系建设,将生态资源遭到破坏的部分打入国民经济成本,将万元产值主要原材料消耗、万元产值能源消耗、万元产值水资源消耗、万元产值“三废”排放总量等指标引入现有的统计指标体系,以全面评价区域可持续发展状况。要改变传统过分注重经济增长指标的政绩考核办法。把环境指标列入公务员的政绩考核范围,全面考核干部政绩。使生态补偿机制的经济性得到显现。

### 3.7 积极开展基础研究和试点工作

建议将生态补偿问题列入全区重点科研计划,围绕对生态补偿的范畴、标准、补偿方式、资金来源、管理等问题,组织进一步的科技攻关。在开展理论研究的同时,以贫困和生态脆弱区为重点,针对群众反映突出、严重影响生产生活和需要实行抢救性保护的区域,如自然保护区、饮用水源保护区、受野生动物危害人类难以生存地区开展补偿试点;提出各类生态补偿问题的优先次序及其实施步骤,抓紧研究制定比较完整的生态补偿政策,并在实践中把生态建设与扶贫异地开发、社会主义新农村建设结合起来。

## 4 结论

环境有价,环境亦无价。生态补偿机制决不是花了钱就可以随便污染环境的机制。为污染掏出的“真金白银”并不能真正抵消对环境带来的负面影响。污染容易,治理难,环境破坏的长远影响可以是几代甚至十几代人。生态补偿机制,就是对世人的警醒,它符合可持续发展的内在逻辑。构建生态补偿机制,对促进广西生态安全,大力推进生态广西建设意义重大。然而,要建立起一套真正行之有效的生态补偿机制绝非一朝一夕可以完成,还需要我们在实践中不断探索和研究,解决与之相关的许多问题。

#### 参考文献:

- [1] 潘岳. 环境保护与社会公平 [EB/OL]. <http://www.people.com.cn/GB/huanbao/35525/2948958.html>, 2004-10-28.
- [2] 孙钰. 探索建立中国式生态补偿机制——访中国工程院院士李文华 [J]. 环境保护, 2006, (19): 4-8.
- [3] 李晓光. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用 [J]. 生态学报, 2009, 29 (8): 4431-4440.
- [4] 李贤. 人大代表呼吁建立跨省流域生态补偿机制 [EB/OL]. <http://news.gxnews.com.cn/staticpages/20120308/newgx4f57e9d9-4803232.shtml>, 2012-03-08.
- [5] 叶知年. 论自然资源物权受限下的生态补偿机制 [J]. 福建政法管理干部学院学报, 2007, (2): 37-41.
- [6] 沈应佳, 罗昌亮. 陆祥红覃生贤黄炳峰代表: 建立生态补偿机制 [EB/OL]. [http://www.gx.xinhuanet.com/2013-01/29/c\\_114532883.htm](http://www.gx.xinhuanet.com/2013-01/29/c_114532883.htm), 2013-01-29.
- [7] 陈德敏, 董正爱. 主体利益调整与流域生态补偿机制——省际协调的决策模式与法规范基础 [J]. 西安交通大学学报, 2012, (2): 66-71.
- [8] 姚明宽. 建立生态补偿机制的六点建议 [EB/OL]. <http://theory.people.com.cn/GB/40557/51631/51636/4649799.html>, 2006-07-31.
- [9] 贺晴雨, 吴辰华. 试论生态补偿机制构建 [J]. 安徽农业大学学报, 2007, (16): 20-23.

## The Establishment of Payment for Ecological Services Mechanism in Guangxi

CHEN Yang, LI Lin

(Environmental Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning Guangxi 530028 China)

**Abstract:** There are several issues related to the establishment of Payment for Ecological Services (PES) mechanism in Guangxi Province, such as insufficient development of the relative legal system and fiscal policy, lack of the technical support and proper financing scheme, as well as poor management system. The authors suggest to start with solving these problems, and to carry out the basic research with trials, together with awareness building, set up of the green national accounting system and corresponding performance evaluation system.

**Key words:** payment for ecological services; issue; basic framework; countermeasure; Guangxi

# 城市社区生态能力建设公众认知研究

王映雪, 许晓毅, 王文慧

(云南财经大学资源与环境学院 云南 昆明 650221)

**摘要:** 采用问卷调查和访谈的方法, 针对城市社区生态建设的相关范围、内容、方法和技术, 进行社区生态建设公众认知调查。结果表明, >90% 受访者认同城市社区需要进行生态建设与改造, 主要内容应涉及完善基础设施、环境污染整治及绿地建设等; 有高达 91.2% 的公众认为公众有责任和义务参与社区生态建设; 但对于参与生态环境监督执法、生态环境行政决策、生态建设立法和宣传等方面主动性不强; 通过研究结果可清晰地看出公众对城市社区生态建设的需求及相关知识的了解程度, 下阶段城市社区生态建设应关注的重点内容, 以便更好地促进城市社区的可持续发展。

**关键词:** 城市社区; 生态能力建设; 公众认知; 问卷调查

**中图分类号:** X32    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0043-03

随着我国经济与社会的不断发展, 城市生态能力建设问题已经受到了越来越多的关注。在实施城市生态发展战略的过程中, 政府、企业和个人通常被认为是三个关键的主体, 在大多数情况下, 城市生态能力建设一般是从政府角度来进行生态环境的规划和保护, 很少考虑个人和企业在城市生态建设中的作用, 而实际上, 生态城市发展战略实施的一个重要原则是公众参与<sup>[1]</sup>。随着改革开放的不断深入, 我国公民的权利意识开始觉醒, 公民精神逐渐彰显, 这些都为公众参与城市生态建设奠定了良好的基础。但是在现实中, 无论是公众的生态意识还是权利意识仍然淡薄, 公民参与社会治理和环境建设的权利没有得到很好的落实。作为与每个公众生活息息相关的社区环境, 是公众实践生态公民权利和义务的前线, 公众对社区生态建设意识的培养和提升, 不仅是加快社区生态建设的重要基础, 更是发展生态文明、推动城市可持续发展的重要环节。国内外相关研究者对城市社区生态规划和设计等领域进行了大量的分析和研究, 主要涉及社区生态评价指标体系、社区生态环境规划与设计、社区生态设计技术、社区生态管理等方面<sup>[2-5]</sup>。总体而言, 国内外学者大多认为社区生态化发展, 在推动整个城市生态化进程中具有一定的必要性, 而且同时也意识到了公众认知对于研究的重要影响, 但是

现阶段缺乏系统性的社区生态能力建设领域的公众认知情况研究和定量化的分析。因此, 本次研究采用问卷调查和访谈的方法, 针对社区生态能力建设的相关内容、方法和技术, 进行社区生态建设公众认知调查, 通过具体数据项的分析, 从城市生态建设的受众—公众的角度研究探索城市社区生态能力建设和发展的重要方向和关键方法, 以便更好地促进公众参与城市社区的生态能力建设, 促进城市生态环境的改善和优化, 实现城市可持续发展。

## 1 研究方法与数据分析

本研究的数据采集采用了问卷调查方法, 调查对象包括在校大学生、高校教师、城市社区居民, 问卷从社区生态建设“知”、“意”、“行”三方面设计问卷, 涉及公众对社区生态状况的评价、生态建设内容及基本知识的认知、参与生态建设的情况和意愿等内容。调查问卷共设计了 15 个问题要求被调查者回答, 为了便于分析统计, 调查问卷的提问以封闭式问题为主, 也就是在每个问题后面给出若干个选择答案, 被调查者只能在这些备选答案中选择自己的答案。本文随机抽取了昆明市 3 个高校和主要城区的 30 个社区作为调查对象, 调查的方法为观察、走访和发放调查问卷三种方法相结合。共发放问卷 500 份, 回收有效问卷 468 份。数据的采集及处理运用了 Excel、SPSS 等软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 大部分公众认同社区生态环境亟需改善

在被调查者中, 认为社区生态环境质量“很满意”的只有 4.5%, “较满意”的 9.4%, “一

收稿日期: 2013-06-07

基金项目: 云南省教育厅课题资助 (2010c037)。

作者简介: 王映雪 (1974-), 女, 云南省昆明市人, 硕士, 副教授, 主要从事生态学和生态规划的教学与研究, 研究方向为城市生态问题与生态规划。

般”的25.6%，51.3%的公众对社区的生态环境质量不满意，9.2%很不满意。公众认为当前社区生态环境建设的现状不理想，认同社区需进行生态建设和改造。

## 2.2 大气环境质量是公众最关注的社区生态环境问题

在对社区环境质量调查中认为影响最大的社区环境因素涉及大气环境（54.4%）和水环境（27.8%），大多数公众对水质质量满意度高于空气质量；公众开始关注城市声环境（12%）对自身生活质量的影响，但对电磁（4.7%）及光污染（1.1%）等带来的影响并未引起足够重视。

## 2.3 公众认为社区生态环境质量不良的主要原因是城市建设管理和公众缺乏保护意识

被调查者认为社区生态环境质量不良的原因排序分别是城市开发建设管理无序（41.2%）、公众缺乏保护意识（34.6%）、人口和消费增长过快（10.7%）、缺乏生态建设投资和技术（7.9%）、社区规划不合理（5.6%），公众依然认为社区生态环境问题产生的主要原因是政府和公众对生态环境问题的重视不够，而人口和消费快速增长、生态建设投资和技术、社区规划等客观因素被认为是次要原因。

## 2.4 公众获得生态知识的主要来源是媒体，社区生态建设的知识普及和宣传需进一步加强

社区生态建设需要每个社区成员的参与，并不断对社区成员的生态知识进行普及和宣传，提高其生态文明素养，通过调查发现，被调查者获得生态知识的主要途径分别是电视（58.1%）、报纸（19.7%）、网络（17.1%）、教育和培训（4.1%）、社区宣传栏（0.6%）和其他（0.4%）等，说明公众生态环境意识的提高，和媒体的宣传力度加大有密切的关系。而教育、培训和社区的宣传所占比重均较低，说明社区对宣传生态建设相关知识的工作重视程度不高，在对社区的走访调查中也反映出了这一现象，在作为调查对象社区中，张贴或设置宣传生态知识和环境保护标识的社区仅占10%，曾经组织过关于社区生态保护宣传活动的社区约占13.3%。在所有被调查的社区中，没有一个社区曾经组织过生态建设和保护方面的培训活动。从以上调查结果可知，社区生态建设的知识普及和宣传需进一步加强。

## 2.5 公众对社区生态建设的内容有一定了解，但缺乏对社区生态建设体系的综合认识

调查从生态承载力（水电使用、人均居住、人均绿地）、生态环境（大气环境、声环境、水环境、生物多样性、绿化和景观）、生态建筑（污水处理、节能节水、绿色能源、生活空间）、基础设施（交通设施及规划、公共设施、公共空间、社区服务与管理、信息共享与管理）和生态文化（居民生态意识、邻里和谐程度、生态安全宣传）等几个生态建设的方向选取几项指标，调查居民对社区生态环境建设的了解程度，调查显示：80%以上的公众认为社区生态建设领域包括社区水环境、大气环境、垃圾分类回收处理及噪音污染等，60%以上的公众认为社区公共活动空间严重缺乏及对社区内外部交通不满意，40%以上的公众关注节能节水及景观绿化，20%以上的公众关注生态意识和社区管理。公众对于生态建筑、基础设施和生态文化了解不多，缺乏对建筑、人、自然环境和社会环境的综合认识。

## 2.6 公众对于社区的生态建设表现出较高的参与热情，但在某些行为方面缺乏主动性

调查显示：有高达91.2%的公众认为公众有责任和义务参与社区生态建设，愿意参与的社区生态建设行为分别为节水节电（89.7%），绿色消费（57.9%），参与生态环境监督执法（11.8%），参与生态环境行政决策（9.6%），参加社区生态建设专题讲座、培训班及研讨会（6.8%），参与生态建设立法（4.9%），环保社会组织（2.6%）和社区自治组织（1.9%）。参与过的社区生态建设行为分别为使用节水马桶（57.7%）、使用绿色能源（39.5%）、使用环保购物袋（37.6%）、污水再利用（31.6%）、绿色出行（27.8%）、垃圾分类回收（25%）、参与监督和制止社区生态环境破坏行为（9.2%）、参与社区绿化（7.7%）、参加社区生态建设相关宣传（3.4%）。说明目前公众对于社区生态建设有着比较高的参与热情，但仍处于从属的地位，对于参与生态环境监督执法、生态环境行政决策、生态建设立法和宣传等方面主动性不强，有强烈的对政府“依赖”心理和他人“依赖”心理，这个现象说明对社会公众的切身利益和需要而言，人们一方面呼唤文明和改善生活环境，他们作为良好生活环境的享受者和环境公害直接、无辜的承受者，对居住环境状况最关心、最了解，参与社区生态建设的热忱也相对最高。而另一方面在某些行为方式上又表现为一定程度的冷漠，这也表明对公众参与社区生态建设缺乏相关的制度

保障, 所付出的努力及消耗的时间与成本得不到社会的认可和回报<sup>[7]</sup>, 无恰当的表达生态意愿的途径, 致使城市居民在参与社区生态建设过程中缺乏足够的动力。

### 3 讨论

面对日益严重的城市生态环境问题, 建设生态城市已逐步成为世界各国的共识。生态城市的建设和发展要求对社会、经济、政治、文化以及人们的生活方式进行系统变革。社区是区域性社会, 作为城市的子系统, 对提升我国城市片区生态保障和更新水平, 加快推进我国城市生态建设具有重要作用。由于社区生态建设与社区居民的日常生产生活息息相关, 每个居民既是社区生态环境改善的受益者, 能成为推动和监督社区生态建设的根本动力, 另一方面, 社区居民基于个人的公民义务和社会责任, 也是促进城市社区生态改善的重要社会资源和力量。调查也反映出了一些公众参与社区生态建设的问题: 城市社区居民对社区生态建设的关注度逐步提高, 特别是对媒体报道较多的水问题和大气污染的认识度较高, 但对生态建设体系中的生态建筑和基础设施, 特别是生态文化的建设内容不太了解; 社区生态知识和生态建设的信息传递途径过于单一, 最直接有效的社区层面的信息传递缺乏; 人们对公众参与能推动社区生态建设表现出很大的信心和热情, 这无疑反映了人们对自己在改善居住环

境生态质量中承担的责任和可以发挥作用的重大觉悟。但调查也反映出社区居民参与社区生态建设的程度不高, 公众的生态保护意识和愿望没有得到积极引导和恰当疏通, 缺乏相关制度保障和支持, 政府习惯把城市生态建设问题作为自己的职责范围, 但政府又受到资源和条件的限制, 无力解决城市生态建设中存在的所有问题。无论在理论上还是实践中, 国际社会和世界各国尤其是发达国家都十分重视公众在社区管理和建设中的作用, 良好的公众参与机制既能有效维护公众的正当权益, 又能充分发挥每一个居民的力量, 使社区成为城市生态环境改善的坚固屏障。

#### 参考文献:

- [1] 吴智刚, 缪磊磊. 城市生态化的演进与生态社区的构建 [J]. 规划师, 2002, 18 (12): 80-83.
- [2] 滕颖, 李新. 城市型生态社区可持续发展评价指标体系的初步研究 [J]. 环境科学与管理, 2007, 32 (3): 185-187.
- [3] 武春友, 常涛. 生态社区综合评价指标体系的初步探讨 [J]. 中国人口·资源与环境, 2003, 13 (3): 30-33.
- [4] 毛洪伟, 李芬. 低碳生态城市建设改造技术公众认知研究 [J]. 资源科学, 2012, 34 (9): 1798-1805.
- [5] 黄辞海, 白光润. 居住生态社区的内涵及其指标体系初探 [J]. 人文地理, 2003, 18 (1): 55-56.
- [6] 郝志军, 陈力平. 关于重庆市发展生态型都市农业的研究 [J]. 农业现代化研究, 2004, 25 (1): 64-67.
- [7] 全良, 姜洋. 社区管理在城市生态建设中存在的问题及对策 [J]. 中国林业经济, 2010, 101 (2): 20-23.

## Public Awareness of Ecological Development in Urban Communities

WANG Ying-xue, XU Xiao-yi, WANG Wen-hui

(Natural Resources and Environment School of Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan 650221 China)

**Abstract:** The questionnaires and semi-structured interviews were carried out to find out the knowledge of the urban communities about the relevant scope, content, methods and techniques of developing a urban ecological community. The results indicate that more than 90% of the respondents agree with turning the urban community into an environmentally friendly one, but with such measures as the improvement of infrastructure, environmental remediation and green land construction. As much as 91.2 percent of the public think that the public has the responsibility and obligation to participate in such development work. But they are not so active in participating in the supervision of the environmental law enforcement, environmental policy-making, ecological legislation and propaganda. This investigation makes us know better about the needs and knowledge of the urban communities in developing an ecological community, and provides us the focus of such development work for the sustainable development of a urban community.

**Key words:** urban community; ecological capacity building; public awareness; questionnaire investigation

# 对我国基层环境执法后督察机制建设的思考

刘勇生<sup>1</sup>, 姬胜军<sup>2</sup>

(1. 湖州市环境保护局, 浙江 湖州 313100; 2. 环境保护部华东环境保护督查中心, 江苏 南京 210000)

**摘要:**介绍了我国基层环保部门执法后督察取得的成效、存在问题, 并提出对策建议。

**关键词:**基层执法; 环境后督察; 问题; 建议

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0046-03

环境行政执法作为履行环境管理职责最基础、最基本的支撑力量, 不仅具有环境法和行政法的双重特点, 而且涉及环境管理的整个过程, 是提升环境管理水平的重要途径。环境行政执法后督察作为环境行政执法的重要组成部分, 是指环境保护行政主管部门在环境行政执法过程中, 对违反国家环境保护法律、法规的行政管理相对人依法作出的环境行政处罚、行政命令等具体行政行为执行情况进行监督检查的行政管理措施。在当前建设“美丽中国”的背景下, 环境行政法后督察制度作为环保主管部门对环境行政法执行情况监督管理的行政措施, 应成为提高基层环保部门环境执法效能, 保障环境保护法律法规落实到位的重要手段。

## 1 我国基层环境执法后督察成效明显

环境执法后督察将环境违法行为的整改纳入监管视线, 保证整改措施的落实, 是提高环境执法效能、确保环境行政处罚决定和行政命令执行到位的重要工作。随着社会公众环境意识的增强、环境观念的转变, 对环境管理、环境执法的要求逐渐提高, 尤其是雾霾、沙尘、地下水污染等一系列现实问题的出现, 使得我国的环境管理正面临着前所未有的挑战。环境执法后督察作为对环境行政执法后的监督检查, 是检验环境管理工作是否有效的重要标准之一。目前, 我国各级环保部门都出台了贯彻落实《环境行政执法后督察办法》的相关规定, 并纳入日常工作之中, 在实际执法工作中取得了较好的效果。

### 1.1 督办了久拖不决的违法案件

基层环保部门以环境后督察为契机, 突破地方政府的干扰, 对长期存在环境违法问题和屡查屡犯的重点违法案件进行后督察, 解决了一批损害群众健康和影响可持续发展的突出环境问题。不仅确保

了后督察工作的顺利进行, 而且有效改变了基层环保部门在各类环保专项行动中执行效果不佳、整改落实不力的尴尬局面。

### 1.2 提升了基层环境执法能力

基层环保部门在执行上级部门后督察工作中, 进一步规范了后督察执法工作的内容、程序及后续监管。根据企业不同违法程度, 逐一进行分类, 列出执行时间节点, 建立档案台帐, 切实保障环境行政处罚和处理决定得到彻底执行。并且以后督察为突破口, 啃掉几个“硬骨头”, 规范整治了一批污染企业, 有效防止污染反弹。

### 1.3 形成了基层环境执法合力

环境执法后督察通过协调地方职能部门联合执法的形式, 不断加大督促环境违法企业履行环境行政处罚决定和行政命令及整改措施的执法合力, 确保案件彻底查处、整改及时到位。同时, 基层环保部门在执行后督察过程中及时向当地政府汇报, 取得了强力支持, 形成了政府牵头、多部门联合执法的强大合力, 切实提高了执法的力度和强度。

## 2 基层环境行政执法后督察存在的问题及分析

基层环保执法部门是落实国家环保法律法规的直接执行者和最终实施者, 执行的是否到位直接影响环保部门在人民群众中的形象, 直接关系到环保事业的发展和社会的和谐稳定。

### 2.1 思想认识不深刻

部分基层环境执法人员执法随意性大, 工作时间松散, 工作理念淡薄, 认为执法就是罚款。面对群众日益增长的环境新要求和多种涉及环保执法的民生问题, 已然不能完全适应新时期环境执法工作的需要, 对繁重的日常监管工作处于忙于应付的工作状态。加之基层人员对相关法律法规学习掌握不精通、不透彻、不及时, 执行不规范、不到位, 因此, 对于上级环保部门针对本区域内的后督察案件

往往存在思想上的轻视和认识上的偏差。认为对已经处罚过的企业没有必要督察到底,应该把更多的精力和时间花在监管新的环境隐患和案件上;更有基层人员认为既然已经立案或结案,何必再进行后续督察,对企业的整改工作不重视,不关注,只侧重结案率和罚款额度,而不关心企业是否整改执行到位,认为后督察有多此一举之嫌。

## 2.2 执行过程不彻底

一些基层环保监察人员在开展环境后督察工作中存在虎头蛇尾问题,有些措施的执行甚至停留于纸上。对于上级部门后督察的要求,有的只是到企业现场走走走过场或临时通知企业配合,对企业弄虚作假的行为不闻不问,有的碍于当地政府或企业的人情,往往敷衍了事。特别是对一些限期治理企业后督查力度不大,造成了限期治理企业不按期完成治理任务,限期治理成了“无期限”治理,许多环境违法行为不能从根源上彻底纠正;后督察的执行不到位,也给企业造成了一罚不再罚或一罚就了的错误认识,给今后的执法监察工作造成了阻力。此外,对环境信访案件的跟进不力,认为只要符合工作程序即可,没有真正从源头解决问题,在某种程度上造成了重复信访增多。环境后督察在执行中的折扣现象对当地社会经济发展和环境工作顺利开展造成了一定的影响。

## 2.3 执法效果不给力

鉴于环保部门工作权限的限制,部分“执法怪圈”仍然存在,在现有法律法规及机制体制下一时难打破。对少部分“大错不犯小错不断”的“牛皮糖”企业,仅仅适用行政处罚手段难以达到实际监管或纠正效果,同时由于行政成本过高又难以做好事尽罚或尽处,使得这部分企业有隙可钻;个体经营户及家庭作坊确实存在轻微环境违法行为或影响周边群众的情况,自身又无大量资金投入进行污染防治,仅以行政处罚难以达到违法行为纠正或消除环境影响的目的,采取取缔关闭又涉及到业主生存就业及社会稳定问题;还有企业因土地等问题无法取得环保审批手续,行政处罚后还是难以取得环保审批,同时又难以结案,如若视而不见或听之任之,则存在一定环境安全隐患或环境污染,使得执法人员“无从下手”。这些企业严重影响了基层环境督察人员执行后督察工作的效率。

## 3 完善基层环境执法后督察机制的建议

如何使基层环境执法后督察工作高效、到位进而彻底根除环境违法行为已成为基层环境执法工作

急需解决的问题,应从执法人员能力、工作机制延伸、法律法规健全、社会公众参与等诸多方面进行完善。

### 3.1 提升执法人员“亮剑”水平

一项工作制度的贯彻落实,需要实施者和执行者有正确的工作理念并共同完成。上级环保部门后督察工作人员或基层环境执法人员对后督察工作的理解不一,上级环保部门开展后督察的目的就是要确保法律的落实,而基层执法人员则认为有小题大做之意。这就需要为环境基层执法人员提供更多的学习培训机会,树立正确的理念,提升执法能力和水平。因此,要加强基层环境执法人员工作理念的教育,把正确的工作理念应用到日常工作中,做到执法规范、程序完备。应根据当下时代形势和要求,针对不同地域、不同专业背景和不同工作能力的基层环境监察人员进行培训,明确环境后督察作为环境执法的重要作用 and 核心地位,不折不扣地执行好、完成好。

### 3.2 增强责任企业“主角”意识

企业作为环境执法部门的监管对象,是环境监察工作中的主体,应该强化企业主的环保意识,将后督察的程序、内容、措施告知企业,充分发挥企业在执法中的协助作用,积极引导企业参与。后督察工作最终还是由环保部门督促企业完成,应该树立一批具有较强环保意识的企业作为典型加以宣传,这样不仅可以顺利完成工作还可以从根源消除环境隐患,更重要的是可以起到带动辐射作用,在当地企业中营造良好的保护环境氛围。

### 3.3 强化职能部门“联手”合作

环境后督察工作的完成不仅仅要依靠环保部门,特别是面对不肯配合整改的企业若采取强制措施则需要多部门的配合,如电力部门负责限电、工商部门负责执照限制、金融部门负责贷款限制等。随着环境后督察工作向基层延伸,应在基层环保部门设立专人负责联系协调多部门工作,做到分工明确、相互通报,定期组织联合执法后督察行动,针对有代表性的企业进行彻底的督促和改进,不留隐患,不留死角。同时,借助各部门的权力对企业进行多手段的督促,部门联合执法常态化有助于对违法企业产生震慑力,提高工作效率促进企业整改到位。

### 3.4 发动社会公众“围观”监督

环保工作仅仅依靠环保部门推动很难取得彻底改善,广泛发动公众参与才是解决环境问题的根本

途径。在当下新媒体时代，社会公众借助网络、12369 环保热线等载体已积极有效参与并推进环境保护工作。但是针对环境后督察工作，公众参与度和进展度较为缓慢，要进一步强化社会公众监督，形成个人发展同生态环境形成良性互动，建立公众参与环境后督察机制和平台十分急迫。建立环境后督察执法信息进展跟踪平台，及时将企业的环境行

政处罚执行情况、环境行政命令的执行情况及其他具体行政行为的执行情况向社会公示，引导公众积极参与监督，建立公众参与环境保护的社会行动体系。另一方面，可以发挥民间环保组织的力量，弥补环保部门监管工作缺失，引导公众自觉履行参与公共管理的义务，使环境行政执法后督察工作进行得更加透明、公正、有效。

## The Reflection on the Local Post – Supervision of Environmental Law Enforcement in China

LIU Yong-sheng<sup>1</sup>, JI Sheng-jun<sup>2</sup>

(1. Huzhou Municipal Environmental Protection Bureau, Huzhou Zhejiang 313100 China)

**Abstract:** This paper gives an introduction about the current achievements of post-supervision work in local environmental law enforcement, and points out its existing problems and puts forward the countermeasures.

**Key words:** local law enforcement; environmental post-supervision; problem; recommendation

# 昆明市环境应急监测能力建设现状及对策建议

王兴龙

(昆明市环境监测中心, 云南昆明 650228)

**摘要:** 结合昆明市环境应急监测能力建设的现状, 着重分析存在的主要问题, 提出了相应的对策建议。

**关键词:** 环境监测; 应急能力; 现状; 对策; 昆明

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0049-04

目前, 昆明市的环境质量总体良好, 但突发环境事件时有发生。环境污染事故不同一般的环境污染, 其特点为: ①爆发的突然性, 它无固定的排污方式, 突然发生, 来势凶狠, 在很短时间往往难以控制, 防不胜防; ②危害性, 瞬时性的一次大量排污, 其破坏性极大, 会打乱一定区域内人群正常生活和生产秩序, 还可能造成人员伤亡和社会财富的巨大损失; ③长期性, 遗留下来需要花大量投资、长期整治和恢复的难题。如何提高对突发环境事件处理处置的应对能力; 监测如何为管理服务; 如何建立一支能够召之即来, 来之能战, 战之能胜的应急监测队伍, 是监测部门能力建设的一个重要方向。

## 1 典型突发环境事件回顾

### 1.1 阳宗海水质砷污染环境事件

阳宗海是云南九大高原湖泊之一, 属淡水湖, 地处澄江、呈贡、宜良三县之间。2008年6月, 昆明市环境监测中心在例行监测中发现阳宗海砷浓度超标, 水质受到严重污染。通过排查, 确认砷污染的主要来源是云南澄江锦业工贸有限公司。该公司在生产中使用含砷较高的锌精矿, 未建设规范的废水收集、循环系统及废渣堆场, 致使含砷废水长期渗漏污染阳宗海。其违法行为导致阳宗海6亿多 $m^3$ 水体水质恶化为劣V类, 饮用、养殖等功能丧失, 周边上万居民饮水中断。经法院审理, 判决为重大环境污染事故罪, 锦业工贸有限公司三名高层管理人员被追究刑事责任。此事件中, 政府相关部门的26人被纪检问责, 其中两名厅级干部、9名处级干部、15名一般干部。玉溪市政府向社会做出公开道歉。

### 1.2 昆明市首例环境公益诉讼案

昆明三农农牧有限公司、昆明羊甫联合牧业有限公司在废水收集池防渗措施不完善、“三同时”没有验收的情况下, 就开始养殖生猪和种猪, 养殖废水渗入地下, 污染了地下水, 导致嵩明县杨林镇一饮用的龙潭水发黑发臭。经环境监测部门、疾控防疫部门取样分析, 氨氮、粪大肠菌等指标超标, 龙潭水丧失饮用功能, 当地群众生活受到严重影响。2011年1月昆明市中级人民法院对这一案件进行了公开审理, 判决被告昆明三农农牧有限公司、昆明羊甫联合牧业有限公司停止污染行为, 向社会赔偿及支付相关费用共计430多万。这是昆明市首例环境公益诉讼案。

### 1.3 昆明“牛奶河”污染事件

昆明东海矿业公司、昆明东川通宇选矿厂、昆明兆鑫矿业公司等5家企业私设暗管, 环保配套设施未完善就私自投入生产等违法行为, 致使未经处理的尾矿废水排入小江, 导致小江污染, 形成“牛奶河”。监测部门对小江水质进行了连续多日的监测, 为取证提供了依据。东川区政府管理部门因监管不到位, 5名相关责任人被问责处理。涉嫌排污企业被罚款, 8名负责人被批捕。

### 1.4 突发环境事件反思

环境污染事件对环境造成了破坏, 给人民群众的财产带来损失, 企业的发展受到阻碍, 居民生活受到严重影响, 可谓教训深刻、代价巨大, 值得党、政部门和肇事企业反思。在环境污染事件的监测中, 也暴露出应急能力的一些问题。监测为管理服务, 是环保工作的千里眼、顺风耳, 为政府处理、处置突发环境事件提供科学的依据。加强环境应急监测能力的建设, 对深入贯彻落实科学发展观, 有效防范和妥善应对突发环境事件, 保障人民

群众生命财产安全和环境安全,促进经济社会的发展,维护社会和谐稳定,有着十分重要的意义。

## 2 昆明市环境应急监测能力建设现状

### 2.1 初步建立了环境应急管理体系,明确了应急监测工作在体系中的地位

根据昆明市应急体系建设“十二五”规划的通知,成立了昆明市环境应急指挥部,主管环保工作的副市长任总指挥长,市环保局长任副总指挥,负责领导、组织和协调全市突发环境事件的应急工作;设立了市环境应急办公室,负责全市突发环境事件防范与应急的日常工作;组建了30多人的应急监测分队,明确了应急监测的职责:“事故发生时,进行污染现场及影响区域的应急监测、污染影响调查和跟踪。根据监测数据分析污染变化趋势,为市应急指挥部的决策和专业队伍开展现场泄漏污染物的处置提供技术支持。对现场处置提出意见。通过专家咨询和讨论的方式,预测并报告事故的发展和污染物的变化情况,向社会发布环境污染、生态破坏、生物物种安全信息以及防护措施。在发生恐怖袭击造成的环境污染和生态破坏时,对大气、水源等方面进行污染情况调查”。同时应急监测分队制定了应急监测工作管理办法,建立了应急值班备勤制度。

### 2.2 制定了应急预案,应急监测工作有章可循

根据《国家突发环境事件应急预案》及省厅的相关文件,结合昆明市实际,修订和完善了《昆明突发环境事件应急预案》,保证了应急预案的科学性、实用性、有效性,实现了应急预案修订常态化。五区八县一市、三个开发区、重点排污企业也制定了相应的突发环境事件应急预案,通过评审进行了报备。市、县(区)、企业三级环境应急预案体系的形成,建成了“全面覆盖、动态管理、高效实用”的应急预案体系,使应急监测工作有章可循。应急监测工作更加规范、科学,确保了在突发环境事件发生时,响应及时、行动到位、结果准确、建议实用。

### 2.3 环境应急能力得到加强,应急监测实力得到提升

昆明市突发环境事件应急响应系统列为昆明市应急体系建设“十二五”规划中的重点项目,此系统是基于网络通信技术、数据库技术和地理信息系统技术的环境突发事件应急响应的GIS,进行计算机网络环境下重要风险源、危险品的管理和突发事件应急响应的预案管理,同时实现突发事件相关

空间信息和属性信息的查询、检索统计和专题制图。此系统的建成,将大大提升突发环境事件的处置能力。

近年来,在省、市政府的关心和支持下,环境应急监测能力得到了提升。市监测中心配备了TY2000—B型便携式多气体检测仪,ZZW—II KBC多参数水质现场速测仪,MH1000便携式重金属测定仪,Deltatox<sup>®</sup>生物毒性检测仪,傅立叶变换分析仪,自给式空气呼吸、轻便式化学防护服,环境应急监测车等,区、县站也配备了部分应急监测设备和防护装备。环境应急监测能力总体上得到了提升。

其次,环境空气、水质自动监测网络基本建成,建有城市空气自动监测站11个、水质自动监测站19个,对湖库及饮用水源地水质状况、入滇河道水质状况、全市空气质量等进行实时监控。污染源自动监控系统目前已接入污水处理厂16家、排污企业54家,共接入在线监控设施140套(其中水监测62套、气监测78套),实时掌控企业污染因子的排放情况。

### 2.4 环境应急监测培训全面开展

昆明市多次派人参加国家环保部组织的突发环境应急监测培训,并在单位进行再培训。安排专业人员对所有应急设备、仪器进行管理,不定期地举办应急仪器实操培训。积极参加市里的综合演练,组织区市、县监测站开展大规模的应急演练,提高应急队伍的素质和应急能力。

### 2.5 存在问题

#### 2.5.1 环境风险防范及预测预警能力有待加强

未建立环境风险源评估及分级制度,重大环境风险源的分布情况、分类情况不是完全清楚,对环境事件无法做到主动预防。环境监测能力不能满足预测、预报的需要,源强分析、污染扩散等评估能力较差。无法及时、准确确定风险源的性质、发展趋势及影响范围,无法提供科学有效的预测预警信息。

#### 2.5.2 专业技术人员素质有待提高

目前昆明市没有设立专职的环境应急管理机构,机构不健全、编制缺乏、人员较少、兼职等问题很突出。全市200余名监测人员尚未参照公务员法进行管理,工资偏低,主观上对例行监测之外的工作有抵触,应急监测存在人到心不到、出工不出力的现象。应急监测基本是兼职,无法保证突发环境事件时人员的到位,遇事时临时抓夫,谁在派

谁。另外，受资金等问题的影响，缺乏系统培训和锻炼，应急监测方面的经验不足，加之兼职人员较多，对监测规范不熟，不了解应急监测程序，不知道带什么仪器，带了又不能熟练操作，有时赤手空拳赶赴现场，勇气可佳，但于事无补。这些因素使得环境应急监测工作水平低下，不能更好地为管理服务。

#### 2.5.3 例行监测任务过重，应急监测难以保障

“十一五”期间环境监测工作量迅猛增长，是“十五”期间的2.5倍，但监测人员仅增加了0.06倍。环境监测人员编制普遍不足，大多数监测站仍然是20世纪80年代初期核定的编制水平，再加上监测人员被拉用、挤占等问题，导致监测人员更加紧缺，要完成例行监测任务都很艰难。这种情况下，应急监测工作难于保障，监测质量受到质疑。

#### 2.5.4 环境应急监测经费不足，装备不全，分布不均衡

受监测经费等多种因素影响，环境应急装备水平普遍较低，交通、通讯、快速检测仪器配备不全，办公场所拥挤，应急监测用房无法保障。五区八县一市中2个监测站无应急监测设备，其余的配置了部分仪器设备，但不全，不能完整地对本、气、渣、放射源等开展应急监测工作。三个开发区无应急监测设备。突发环境事件“分级响应、就近监测、快速反应”的指导思想和监测原则无法执行，不能及时、准确地提供监测结果，影响了对突发环境事件的研判。

#### 2.5.5 部分企业环保意识淡薄，预案演练得不到落实，缺乏基本的监测手段

企业是以生产、营销、获利为主，环保设施的投入、运转、维护需要很大资金，很少或不会带来经济效益，投入就加大了企业的成本。部分企业未建环保设施，或建了环保设施但用来做摆设，管理部门来了就开，管理部门的人走了就停，或是夜间、双休日环保设备停用，污染物直排，造成环境的严重污染，有的形成突发环境事件。其次，企业编制了突发环境事件应急预案，而且通过了评审、报备。但部分企业备案后，就将预案束之高阁或锁进抽屉，预案的宣传、学习得不到落实，修编就更谈不上。每个预案都规定了每年进行1~2次的演练，可很少有几家企业做到，也无人对其演练进行监督、评价，预案的实用性缺乏检验。这些客观现象值得我们认真反思。再次，大多数企业缺乏基本应急监测能力，不能对突发环境事件进行及时、有

效的监控，会延误管理部门的决策。

### 3 对策建议

#### 3.1 建立环境质量考核机制，确保环境应急监测能力建设

改善环境质量是环境保护工作的根本出发点，地方人民政府对辖区内环境质量负责是法律赋予的职责。对未完成环境保护目标责任、未考虑环境影响造成决策失误、处理不当造成重大污染事故、有明显的环境不作为等情形，造成环境质量恶化的行为，依法追究地方人民政府主要领导的行政责任，甚至刑事责任，环境质量考核机制才能真正落实到位。环境监测是政府掌握环境质量变化的眼睛，监测结果是考核环境质量变化的依据。因此，环境监测能力建设是政府对环境质量负责的职责之一。保持监测机构的独立性，保证环境监测经费，保障人员和仪器设备能满足环境质量及应急监测的需要是很有必要的。只有建立环境质量考核机制，党、政部门才会高度重视环境质量问题，才会重视环保工作，才会在人、权、经费等方面给予保障，应急监测能力建设才有希望。

#### 3.2 完善环境应急管理体制，加强应急监测能力建设

应进一步强化应急管理机构，建立健全环境应急管理体系，明确各机构的职能，制定建设计划，促进应急监测能力的建设。应急监测的能力建设包括硬件建设和软件建设两方面。硬件主要包括：交通工具、通讯、试剂药品、防护设备、监测仪器、办公场地等；软件主要包括：应急监测管理办法、人员培训、技术支持、信息支持、应急预案、预警系统、经费保障等。目前，硬件、软件与《全国环保部门环境应急能力建设标准》相比较，差距较大。必须摸清家底，挖掘潜力，完善管理制度，利用现有的仪器设备积极参与应急监测，为管理部门的决策提供依据。同时，应制定应急监测能力建设计划，力争各级政府部门的支持，努力改善监测人员的福利待遇，加强环境应急指挥、通讯、监测设备、防护装备、办公用房、人员培训等基础能力建设，全面提升环境应急装备水平，逐步提高应急监测的整体能力。

#### 3.3 建立应急监测网络，提升应急监测联动机制

环境污染事件具有突发性，应当建立“分级响应、就近监测、快速反应”的指导思想和监测原则。发生突发环境事件时，当地政府启动应急预案，监测部门快速出动，必要时调动异地监测站的

设备和人员参加应急监测,也可与水利、防化等部门、社会监测机构、企业监测站等合作,发挥各自的优势。形成市、区(县)、企业应急监测网,提升应急监测的联动,提高应急工作效率,更好地为管理服务。

### 3.4 发挥自动监测网络、污染源自动监控系统在应急工作中的作用

自动监测网络对湖库及饮用水源地水质状况、入滇河道水质状况、全市空气质量等进行实时监测。污染源自动监控系统对重点企业的排污情况进行实时监测。在其监控区域发生突发环境事件时,可充分利用自动监测的优势,快捷、高效地为管理部门提供决策依据。

### 3.5 建立科学、实用、有效的应急预案,加强预案的演练

按《突发环境事件应急预案管理办法》的要求,不断完善应急预案体系,增强预案的科学、实用、有效性。建立健全预案的评审、备案制度,明确突发环境事件应急预案的评审、备案要求,加强预案演练的监督,将其纳入到环保工作的考核中。根据预案的要求,每年进行不低于2次的应急演练。演练可采取综合与专项的方式,环保系统内部的联合演练、环保部门与其它政府部门的联合演练、环保部门与企业的联合演练,形式可以多样

化,可以沙盘推演,也可实战演练。通过演练提高应急监测队伍处理处置污染事故的素质和能力,积累应急监测的经验,使应急监测人员熟练掌握突发环境事件应急监测的工作流程,熟练运用各种仪器设备,正确使用安全防护装备。通过演练,发现预案中存在的问题,及时评估、补充和修订,进一步提升预案的科学、实用、有效性。演练必须留下图片、影像等资料,可用于宣传、评估、考核。

#### 参考文献:

- [1] 昆明市环保局. 昆明市环境质量报告书(2006-2010年)[R].
- [2] 孙蕾, 万小卓. 环境事故监测与处置应急手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [3] 万本太. 突发性环境污染事故应急监测与处理处置技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [4] 杨昌述. 突发性的环境污染事故与应急监测[J]. 四川环境, 1998, 17(1): 53-55.
- [5] 夏卫红, 高峰. 突发性环境污染事故及其应急监测[J]. 上海应用技术学院学报, 2005, 5(3): 239-242.
- [6] 李慧敏. 对突发性重大环境污染事故应急监测的探讨[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(增刊): 151-152.
- [7] 徐庆, 钱瑾. 上海市突发性水环境污染事故应急监测能力建设[J]. 环境监控与预警, 2010, 5(2): 9-11.
- [8] 傅晓钦, 胡迪峰, 翁燕波, 等. 突发性环境污染事故应急监测研究进展[J]. 中国环境监测, 2012, 28(1): 107-109.
- [9] 连兵, 崔永峰. 环境应急监测管理体系研究[J]. 中国环境监测, 2010, 26(4): 12-15.

## Current Capacity Building in Environmental Emergency Monitoring in Kunming and Its Countermeasures

WANG Xing-long

(Kunming Municipal Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** Taking into consideration the current environmental emergency monitoring capacity in Kunming, the author analyzes the major issues related to it and proposes the corresponding countermeasures.

**Key words:** environmental monitoring; emergency response capacity; current situation; countermeasure; Kunming

# 滇池水环境演变与藻类监控技术发展分析

余冬, 李发荣, 王江涛

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘要:**就滇池水环境的演变, 藻生物量发展变化导致原有的监测技术难以满足环境监测的需要进行分析。采用水面快速蓝藻生物量监测和卫星遥感监测技术相结合的技术方法, 大大提高了对滇池蓝藻水华发生、发展、暴发、分布以及变化的预警监测能力。

**关键词:**水环境; 演变; 藻类; 监测; 技术; 发展; 滇池

**中图分类号:** X52      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0053-05

滇池对昆明经济社会的发展和宜人气候的形成起着重要的作用。滇池流域是云南省人口最集中, 土地开发强度最大, 经济最发达的地区, 流域的经济动向对昆明市的发展具有举足轻重的作用。过去的40年间, 滇池水体水质由Ⅱ~Ⅲ类逐步演变为现在的劣Ⅴ类水体。湖泊水体中氮、磷严重超标, 富营养化程度相当严重。滇池藻类逐渐呈现单一化的态势, 且微囊藻优势比例越来越大, 目前已成为滇池成灾的藻类。滇池水环境的演变, 藻生物量发展变化导致原有的监测技术已难以满足环境监测的需要, 采用水面快速蓝藻生物量监测和卫星遥感监测技术相结合的技术方法, 可大大提高对滇池蓝藻水华发生、发展、暴发、分布、范围以及变化的预警监测能力。

## 1 材料与方法

研究区域为滇池湖体。滇池湖泊南北长, 约40km, 东西窄, 最宽处12km。湖泊水面积298km<sup>2</sup>, 湖容13亿m<sup>3</sup>。滇池水质监测共有10个常规监测点位(断桥, 草海中心, 晖湾中, 罗家营, 观音山东、中、西, 白鱼口, 滇池南, 海口西), 为了有效监控滇池蓝藻分布、变化、发展, 在原有监测点位的基础上, 在滇池北部一带增加了北岸、蓝色庄园、晖湾西和富善监测点位。监测频率1、2、3、10、11及12月每月监测1次, 4至9月, 每周监测1次, 卫星遥感同步监测。监测指标为pH、水温、氮、磷、溶解氧、透明度、叶绿素、藻生物量、高锰酸盐指数。水质监测方法按照水和废水监测分析方法第四版, 藻生物量采用DS5多参数检测仪, 遥感采用环境小卫星和风云1#气象卫星数据。

## 2 结果与讨论

### 2.1 滇池水环境演变

20世纪60—70年代, 滇池水体氮磷的浓度为0.064mg/L和0.045mg/L, 滇池水体水质为Ⅱ~Ⅲ类, 湖泊清澈见底, 是昆明市重要饮用水源地。20世纪80年代初水体氮磷的浓度为0.148mg/L和0.088mg/L; 之后近30年来, 昆明市经济增长方式粗放, 人口不断增加, 导致水环境恶化趋势加剧, 水资源短缺现象严重, 湖泊水体中氮、磷严重超标, 富营养化程度相当严重, 水体变为劣Ⅴ类。到2010年滇池水体氮磷的浓度为2.62mg/L和0.20mg/L。过去40年滇池湖泊水体氮磷分别上升了16.7倍和3.4倍。

随着滇池水质富营养化程度的加剧, 2005年以前, 每年4—10月, 由于高温和日照加长, 滇池蓝藻繁殖迅速, 特别在4—7月出现蓝藻暴发高峰期。而近几年已发展到周年性蓝藻暴发状况。特别最近几年是云南60年来未遇的干旱年, 滇池水位较往年严重下降, 湖容减少1/5, 气温升高, 特别有利于蓝藻的繁殖、暴发。

### 2.2 近10年滇池总体水质状况

根据《云南省地表水水环境功能区划(复审)》(2001.06), 滇池草海的水环境功能为非接触景观娱乐用水, 水环境功能类别为Ⅳ类水。滇池外海的水环境功能为一般鱼类保护区, 水环境功能类别为Ⅲ类水。分别以GB3838-2002《地表水环境质量标准》Ⅳ、Ⅲ类水标准对滇池草海和外海2001—2012年<sup>[1]</sup>的水质进行评价。

滇池草海: 2001—2012年水质类别均为劣Ⅴ类, 均未达到其Ⅳ类水的水环境功能保护目标, 主要超标项目为: NH<sub>3</sub>-N、TN、TP、BOD<sub>5</sub>、DO、

COD<sub>Mn</sub>等；叶绿素 a 平均浓度为 0.064 ~ 0.191mg/L；综合营养状态指数为 76.1 ~ 82.4，属重度富营养化状态。

滇池外海：2001—2012 年水质类别均为劣 V 类，均未达到其Ⅲ类水的水环境功能保护目标，主要超标项目为：TN、TP、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub>等；叶绿素 a 平均浓度为 0.043 ~ 0.072 mg/L；综合营养状态指数为 760.8 ~ 67.6，属中度富营养化状态。

### 2.3 滇池主要污染物浓度变化趋势预测分析

#### 2.3.1 草海

采用 Spearman 相关系数模型（模型略）分析

预测滇池营养物质的变化趋势，揭示氮磷等浓度的演变规律。

2001—2012 年，草海主要水质指标的年变化趋势为：总磷和总氮呈下降趋势但不显著；化学需氧量、综合营养状态指数呈显著下降趋势；叶绿素 a 呈下降趋势，但不显著。

#### 2.3.2 外海

2001—2012 年，外海主要水质指标的年变化趋势为：综合营养状态指数、叶绿素 a、化学需氧量呈显著上升趋势；总氮、总磷呈上升趋势，但不显著；高锰酸盐指数上升不显著。

表 1 2001—2012 年草海主要水质指标秩相关检验结果统计表

指标	总磷	总氮	化学需氧量	高锰酸盐指数	叶绿素 α	营养状态指数
Rs	-0.286	-0.231	-0.923	0.287	-0.266	-0.525
wp	0.456	0.456	0.456	0.456	0.456	0.456
变化趋势结论	下降不显著	下降不显著	下降显著	上升不显著	下降不显著	下降显著

表 2 2001—2012 年滇池外海水水质指标秩相关检验结果统计表

指标	总磷	总氮	化学需氧量	高锰酸盐指数	叶绿素 α	营养状态指数
Rs	0.305	0.350	0.657	0.182	0.467	0.832
wp	0.456	0.456	0.456	0.456	0.456	0.456
变化趋势结论	上升中等显著	上升中等显著	上升显著	上升不显著	上升显著	上升显著

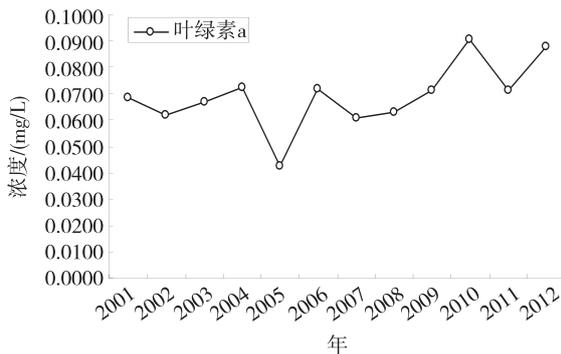


图1 滇池叶绿素年变化图

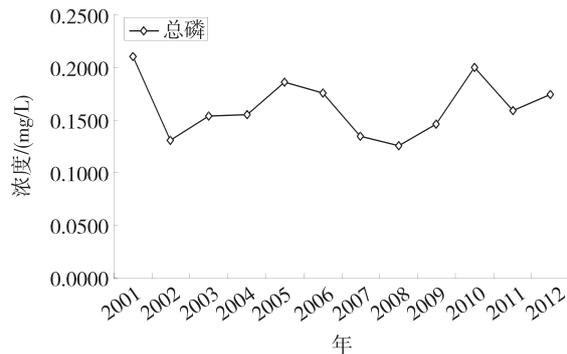


图2 滇池总磷年变化图

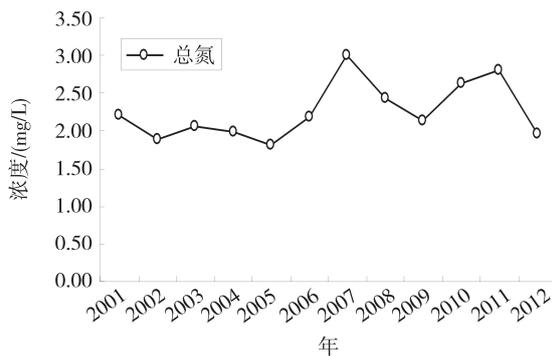


图3 滇池总氮年变化图

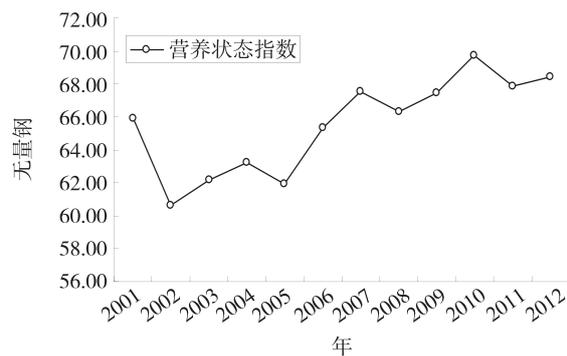


图4 滇池营养状态指数年变化图

## 2.4 滇池浮游植物变化趋势分析

浮游植物是湖泊生态系统的初级生产者,它是水生系统中物质循环和能量流动的基础。由于浮游植物对生活环境条件具有高度的敏感性,因而,种类组成和分布都受环境因素的显著影响。这种影响在滇池内、外湖均有明显的反映。从表3可看出,滇池中藻类植物种类组成在人为经济活动干扰下,发生了明显变化,如轮藻、金藻植物门在20世纪80年代末期就已完全绝迹。随着滇池有机污染及富营养化加重,20世纪90年代以来湖中种类显著减少,现在滇池的藻类以绿、硅、兰三个门中的一些种为优势,其中又以蓝藻植物门中的微囊藻属、束丝藻属、颤藻属以及绿藻植物门中衣藻属为优势的属种。类藻植物的属种虽有所减少,但数量在整个藻类数量中所占比例却增大数倍,最终在湖面上形成成片的水华<sup>[2]</sup>。

表3 滇池藻类植物种类变化表

	1956 - 1963		1982 - 1983		1988 - 1989	
	属	种	属	种	属	种
绿藻门	46	94	32	90	31	73
硅藻门	22	36	15	48	13	22
蓝藻门	15	26	19	45	12	17
裸藻门	5	13	4	11	3	8
轮藻门	4	7	消失		消失	
甲藻门	4	5	4	7	2	3
黄藻门	2	3	1	1	消失	
金藻门	2	2	2	2	1	1
隐藻门	无		1	1	2	2

对滇池水体浮游植物种类、群落、生物量及其优势种群进行监测和分析<sup>[3]</sup>,结果显示,2003年前滇池藻类呈现多样性的良性态势,随着滇池富营养化的加剧,滇池藻类逐渐呈现单一化的态势,且微囊藻优势比例越来越大,目前已成为滇池成灾的藻类。滇池藻生物量由20世纪90年代的几百万发展到2000年的1542万个/L(千万级),再到2009年的12059万个/L(亿级),2011年又逐步下降到千万级(5347万个/L)的(图5)。藻的种类从2000年的4门11属变化到2011年的6门34属,藻的种类在增多,但滇池藻类优势种群还是微囊藻。

## 2.5 滇池藻类原有监测技术

昆明市环境监测中心于20世纪80年代成立生物监测研究室,开始对滇池水生生态系统进行监测研究。对水体中的浮游植物种类和藻细胞数量主要采

用经典显微镜人工计数的方法进行观测,对浮游植物中的叶绿素分析则采用抽滤、冷冻、破碎、萃取、比色的方法,对水体生物的初级生产力的观测采用黑白瓶法进行。

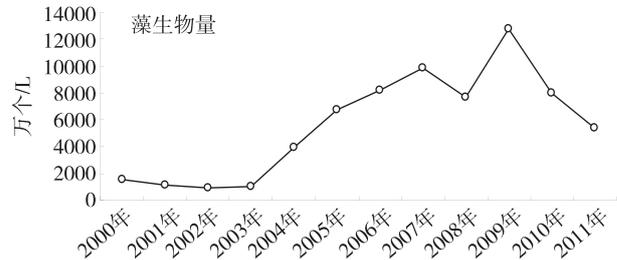


图5 滇池藻生物量年际变化图

根据滇池湖泊的形态和大小,在滇池的草海和外海布局了10个监测点位,按照枯、丰、平的季节常年对滇池的浮游生物进行监测研究。进入到2008年,浮游植物的监测发展到每月监测1次;2009年根据国家总站的要求,从4月1日—8月31日—9月30日,启动每周监测1次湖泊蓝藻及相关指标,且监测点位增到14个。

## 2.6 滇池蓝藻暴发的现代监测技术

滇池面积300km<sup>2</sup>,近几年滇池蓝藻水华暴发时面积可达几十km<sup>2</sup>,有时占到滇池的2/3以上,且蓝藻水华分布区域随着气象条件和水文条件的变化而变化。地面的监测技术已不能适应发展的需要。为了及时快捷掌握滇池蓝藻的发生、发展、暴发以及时空分布范围、面积状况,于2009年开始采用水面蓝藻生物量监测技术和卫星遥感监测技术相结合以及GIS系统,通过天地观测来监测滇池蓝藻暴发情况。

水面:利用水质多参数蓝藻监测仪器<sup>[4]</sup>快速定量测定滇池水体中不同区域蓝藻生物量,并人工监测相关水质指标。

天空:应用卫星遥感监测观测。利用多源卫星技术,根据蓝藻水华在可见光和近红外波段的光谱特性,生成多通道蓝藻水华监测图像,采用NDVI提取蓝藻水华信息,估算蓝藻水华面积。

辅助观测:综合滇池温度、风向、风速、降水、水文、水质等指标,对蓝藻发展及变化趋势进行辅助诊断。

目前通过采用水面蓝藻生物量监测技术(AC-GIS)<sup>[5]</sup>和卫星遥感监测技术相结合的技术方法<sup>[6]</sup>,形成可视化的滇池湖泊蓝藻分布图(图6~图9)。大大提高了对滇池蓝藻水华发生、发展、暴发、分布、范围以及变化的预警监测能力。

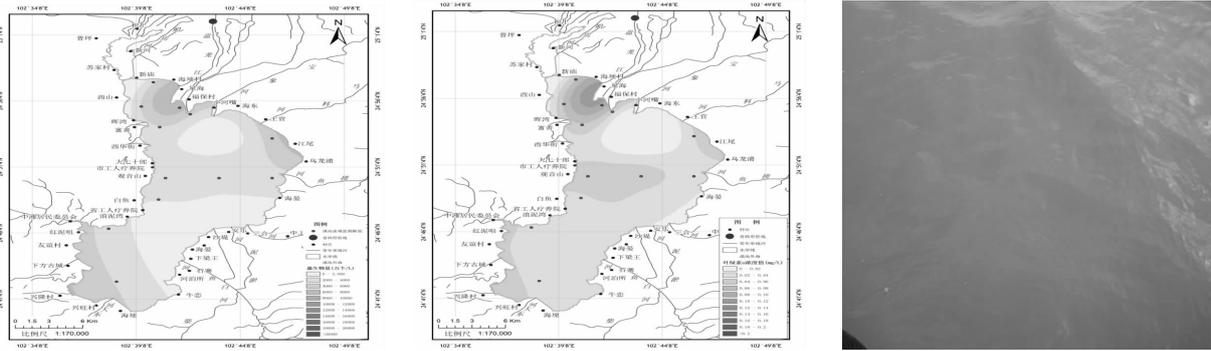


图6 2011-4-6-滇池蓝藻生物量 2011-4-6-滇池蓝藻叶绿素

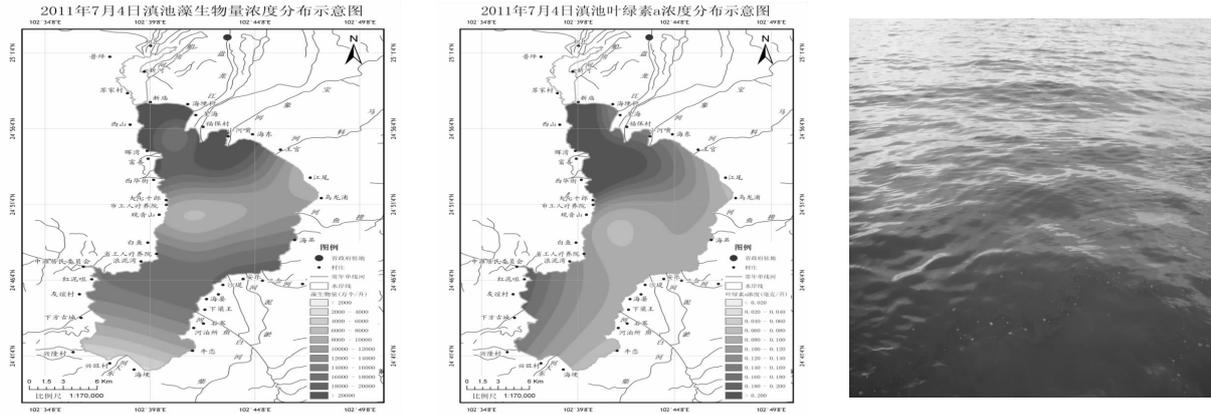


图7 2011-7-10-滇池蓝藻生物量 2011-7-10-滇池蓝藻叶绿素

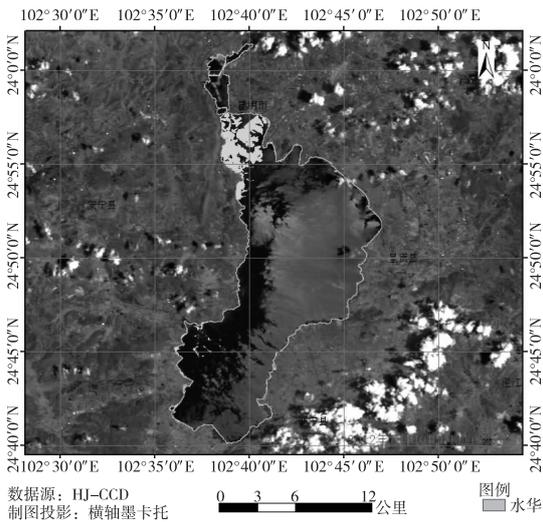


图8 2011,8,10日滇池蓝藻遥感监测图

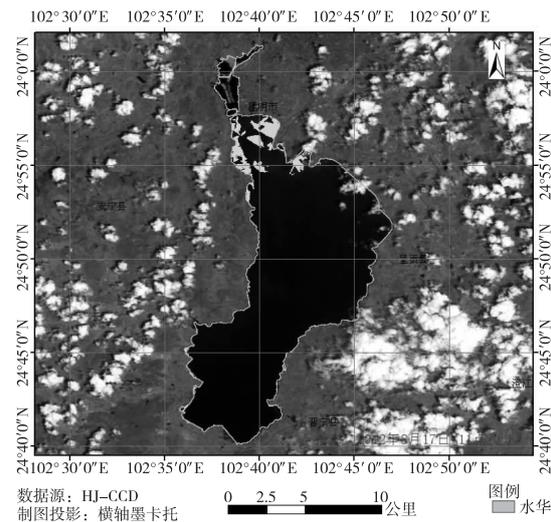


图9 2011,8,17,滇池蓝藻遥感监测图

3 结语

(1) 过去的40年间,滇池水体水质由Ⅱ~Ⅲ类逐步演变为现在的劣Ⅴ类水体。湖泊水体中氮、磷严重超标,富营养化程度相当严重。40年来滇池湖泊水体氮磷分别上升了16.7倍和3.4倍。

(2) 2001—2012年,草海主要水质指标氮、磷、化学需氧量、综合营养状态指数的年变化呈下

降趋势;外海主要水质指标综合营养状态指数、叶绿素a、化学需氧量呈上升趋势。

(3) 滇池藻类逐渐呈现单一化的态势,且微囊藻优势比例越来越大,目前已成为滇池成灾的藻类。滇池藻生物量由20世纪90年代的几百万发展到2009年的12059万个/L(亿级)。藻的种类从2000年的4门11属变化到2011年的6门34属,

藻的种类在增多, 但滇池藻类优势种群还是微囊藻。

(4) 目前通过采用水面蓝藻生物量监测技术 (ACGIS) 和卫星遥感监测技术相结合的技术方法, 形成可视化的滇池湖泊蓝藻分布图。大大提高了对滇池蓝藻水华发生、发展、暴发、分布、范围以及变化的监测能力。

**参考文献:**

[1] 昆明市环境监测中心. 昆明市环境监测统计年报 [R]. 2001

-2012.

[2] 吴庆龙. 湖泊蓝藻水华生态灾害形成机理及防治的基础研究 [J]. 地球科学进展, 2008, 23 (11): 1115-1121.

[3] 昆明市环境科学研究所. 滇池富营养化调查研究 [R]. 1990.

[4] 陈纬栋. 应用荧光分析技术检测蓝藻生物量 [J]. 净水技术, 2010, 29 (6): 48-56.

[5] 段洪涛. 太湖蓝藻水华遥感监测方法 [J]. 湖泊科学, 2008, 20 (2): 145-152.

[6] 孔繁翔. 太湖蓝藻水华的预防、预测和预警的理论与实践 [J]. 湖泊科学, 2009, 21 (3): 315-328.

## Water Environment Evolution and Algae Monitoring Technology Development in Lake Dianchi

YU Dong, LI Fa-rong, WANG Jiang-tao

(Kunming Municipal Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** In this paper, the authors make an analysis of the need of the new environmental monitoring technology in view of the growing algae biomass and the evolving water environment in Lake Dianchi. The combination of the water surface rapid blue algae biomass monitoring and the remote sensing monitoring could greatly improve the warning and monitoring capacity in algae growth, development, outbreak, distribution and change.

**Key words:** water environment; evolution; algae; monitoring; technology; development; Lake Dianchi

# 新运粮河下游水质研究

聂菊芬, 杨逢乐, 金竹静, 张春敏

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 新运粮河作为一条重要的入滇河流, 其水质直接影响滇池的生态健康与环境安全。本文采用 GB3838-2002《地表水环境质量标准》研究各理化因子对其水质的影响, 在 2011 年 8 月底到 10 月底, 对其具有代表性的河段进行水质监测。结果表明: 新运粮河下游河段全年水质均为劣 V 类, 是所有滇池入湖河流中污染较严重的河流, 其各河段 (监测点) 污染程度不同, 越往下游水污染越严重; 各理化指标对其污染贡献不同, SS、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、TN 对新运粮河的污染贡献率分别为 36%、30%、12%、11%, SS、COD<sub>Cr</sub>、TN、BOD<sub>5</sub> 为其主控污染因子。

**关键词:** 新运粮河; 水质; 污染因子

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0058-04

随着社会经济的迅速发展, 河流污染问题日益严重。河流水质不仅受降水、大气沉降等自然因素的影响, 而且还受工业城市废水、农田地表径流等人文因素的影响<sup>[1]</sup>。入湖河流是湖泊的主要水量来源, 也是污染物进入湖泊的主要通道, 大部分点源与面源污染物通过入湖河流进入湖泊<sup>[2]</sup>。控制入湖河流污染, 是治理湖泊污染的重要途径<sup>[3]</sup>。

## 1 研究区域与方法

### 1.1 研究区域概况

新运粮河是一条重要的滇池入湖河流, 是昆明市主城区西部最长的防洪、排涝河道, 主河道全长 21km, 含 15 条主要支流, 全段无沿河截污管, 各种入河排污口 323 个, 其接纳的工业废水量约占整个滇池流域的 41.28%, 对滇池的污染贡献最大。其河流流量小, 流速较小 (有的河段基本不流动), 流经不同河段的水污染程度不同。由于河流两岸不断注入大量污染物, 同时在河道整治过程中忽视了河道整体的生态治理和修复, 河段水质不断恶化<sup>[4]</sup>, 且越到下游水质越差, 水体发黑、发臭, 基本丧失了使用功能。

研究选取下游至入湖口的工业商住混合区河段, 该河段属于缓流、滞流型水体, 水位落差小, 水流缓慢, 长期处于黑臭状态, 水中基本没有水生植物, 并且水体严重缺氧, 部分水面不断冒泡 (厌氧细菌代谢所至)。

### 1.2 采样与分析方法

#### 1.2.1 采样点

根据新运粮河河流的水文及径流区的特征 (该流域属于工业商住混合区), 选取的 5 个采样点为秋苑二期 (1#)、云安会都 (2#、3#, 2#在 3#的上段)、石材城 (4#)、河口 (5#) 等下游河段进行两个月的调查、采样及水质分析, 样品的采集及保存按照环境监测质量保证体系进行<sup>[5]</sup>。

#### 1.2.2 分析方法

调查因子的分析方法按照国家规定的标准分析方法<sup>[6]</sup>进行, 见表 1。河流水质按 GB3838-2002《地表水环境质量标准》评价。采样时当场测定溶解氧 (DO) 及其透明度 (SD), 回实验室 12h 内测定其他理化指标。总磷 (TP)、总氮 (TN)、氨氮 (NH<sub>3</sub>-N)、硝氮 (NO<sub>3</sub>-N)、化学需氧量 (COD<sub>Cr</sub>)、BOD<sub>5</sub>、悬浮物 (SS)。

表 1 水质主要指标分析方法

监测指标	监测方法
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	重铬酸钾法
五日生化需氧量 (BOD <sub>5</sub> )	稀释接种法
氨氮 (NH <sub>3</sub> -N)	纳氏试剂光度法
总氮 (TN)	过硫酸钾氧化紫外分光光度法
总磷 (TP)	钼锑抗分光光度法
悬浮物 (SS)	重量法

由于监测河段水体污染严重, 总氮 (TN) 含量很高, 所以采用 2010 年 6 月开始修改后的总氮测定方法<sup>[7]</sup>。先取适量水样加入螺口消解管内, 加碱性过硫酸钾氧化, 氧化后水样用酚二磺酸法测

收稿日期: 2013-06-21

作者简介: 聂菊芬 (1978-), 助理工程师, 主要从事水质监测与研究。

硝态氮含量,最后换算成水样中 TN 浓度。该方法能更准确地测得水中 TN 的浓度。数据分析采用单

因子水质标识法<sup>[8]</sup>来探讨主要污染物及其污染程度。采用 Origin 8.0 软件和 Excel 软件进行作图。

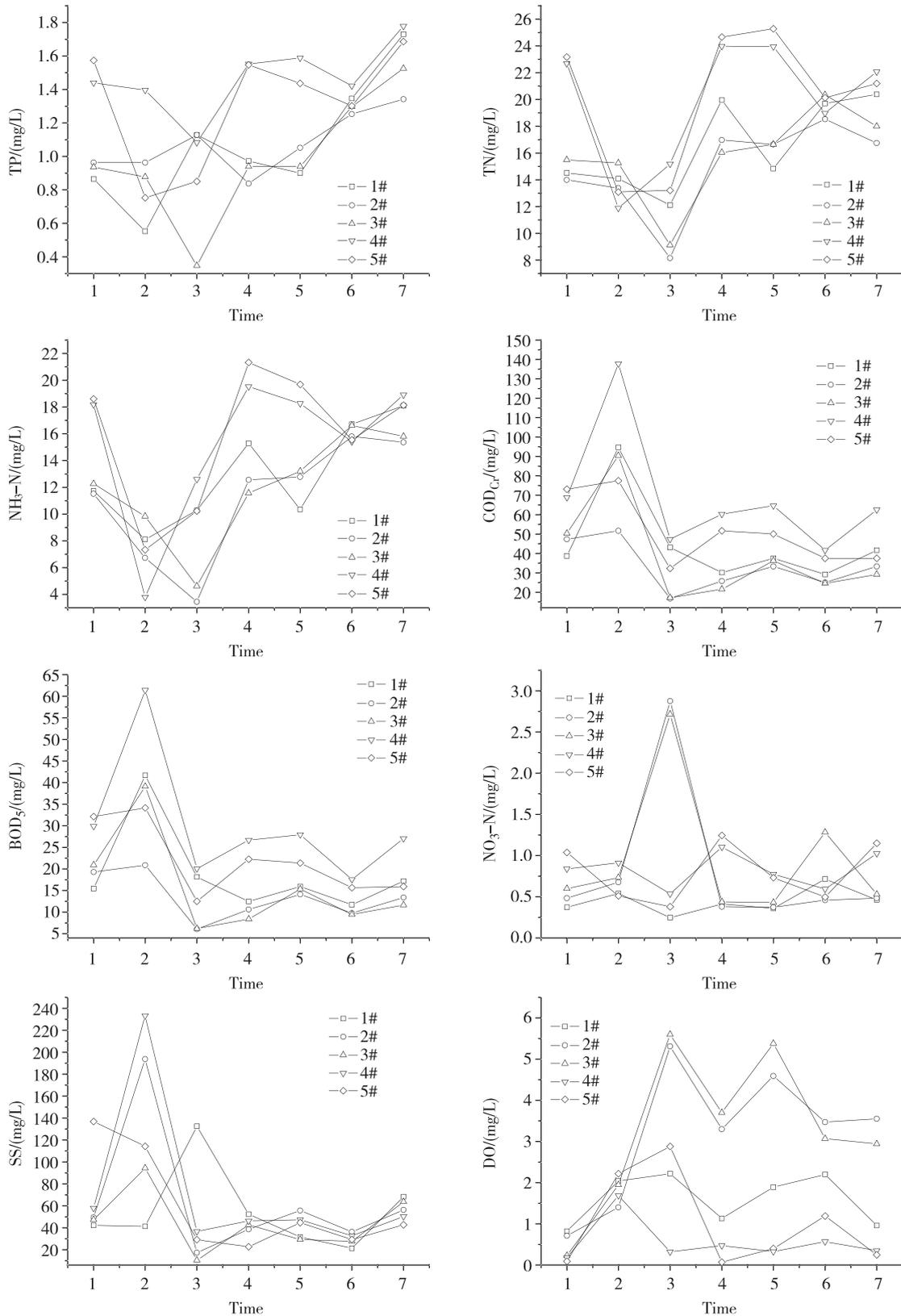


图1 河段各采样点理化指标含量的变化情况

## 2 结果与讨论

各采样点 TP、TN、SS、BOD<sub>5</sub> 含量均有明显变化，且变化趋势相似（图1），最大值均出现在石材城（4#），TP 最大值为 1.779mg/L，TN 最大值为 24.646mg/L，SS 最大值为 233.31mg/L。BOD<sub>5</sub> 最大值为 61.40mg/L。NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Cr</sub> 均在入海口达到最大值，分别为 173.73mg/L 及 21.331mg/L，DO、NO<sub>3</sub>-N 的最大值出现在云安会都（3#），DO 为 5.6mg/L、NO<sub>3</sub>-N 为 2.751mg/L。与此同时，从图1中可以看出，5个监测点的水污染趋势为：4#>5#>3#>2#>1#。由于4#与5#的距离较近，其各个指标的数值非常接近，表明新运粮河几乎没有自净能力，污染物直接进入滇池，其对滇池的污染贡献极大。

2011年8月31日—10月31日，每星期对各采样点进行监测，由于这期间降雨量逐渐减少，大多数指标值减小，在4月或6月出现最大值，之后逐渐降低，BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N 均随着雨季的结束而呈现下降的趋势。9月5日和9月13日监测的数据中部分河段出现峰值，源于雨后采样，河岸上的污染物被雨水冲刷到河里。

悬浮物（SS）是新运粮河下段最显著的特征，除1#（秋苑二期）的透明度（SD）为32cm外，其他河段均又黑又臭。

溶解氧也是影响水质的重要因素，监测河段由于河水污染严重，透明度低（SD≤40cm），溶解氧在0.07~5.60mg/L波动，水生生态系统结构与功能受到严重破坏。有机物污染严重的河流，水中硝化细菌等好氧微生物进行代谢反应消耗水中氧气，其耗氧速率大于水体复氧速率，导致水中的溶解氧含量下降，甚至消耗殆尽而出现无氧状态，有机物也主要以厌氧降解和缺氧降解的方式进行<sup>[9]</sup>。细菌厌氧分解产生氨、硫化氢、挥发性有机酸等恶臭物质，以及铁、锰的硫化物等黑色物质，是河水发黑、发臭的原因之一。雨季期间流入河流的雨水含丰富的氧气，使好氧微生物代谢加强。从图2可知下雨时，水体DO值升高，有利于水质改善。

从图2可知新运粮河石材城（4#）河段污染最严重，7个水样的平均值高达72.08mg/L，COD<sub>Cr</sub>为69.00mg/L，这是由于该河段环境条件所致，因此，出于对河流健康的需要，应该对该段河道进行必要的整治。

新运粮河流域废水的排放量为11.21万t/a，从2009年水质监测数据来看，COD<sub>Cr</sub> 230.13t/a、

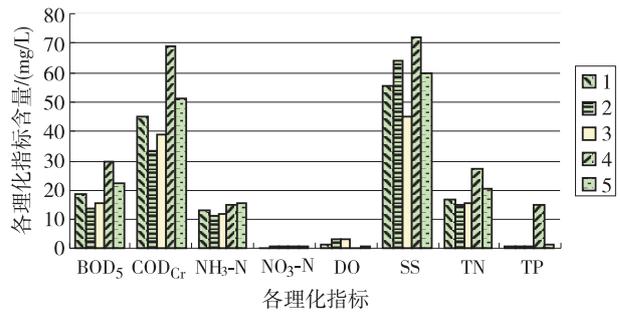


图2 新运粮河不同河段的水质监测情况

TN 25.29t/a、TP 3.57t/a、氨氮 17.04t/a，其中COD<sub>Cr</sub>、TN 为主控污染因子，污染贡献率为82.44%<sup>[10]</sup>。王华光等<sup>[11]</sup>2009—2011年4月的研究表明COD<sub>Cr</sub>、TN 仍为其主控污染因子，本文研究得出SS、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、TN 污染贡献率分别为36%、30%、12%、11%。SS、COD<sub>Cr</sub>、TN、BOD<sub>5</sub> 为其主要影响因子，而且在很大程度上加重了滇池的污染负荷。结合近年来新运粮河与老运粮河的水质情况看（如表2），新运粮河水质类别为劣V类，其主要污染因子为氨氮、BOD<sub>5</sub>、COD，与此次的监测结果相近，而悬浮物则由于下游河道上空的粉尘颗粒物沉降所致，本次监测到的各理化因子对新运粮河的污染贡献率见图3。

表2 河流水质

项目 测点	水质 类别	综合污 染指数	主要污染指标及超标倍数
新河 (新运粮河)	劣V	3.89	氨氮(18.3)、BOD <sub>5</sub> (14.7)、COD(7.6)、总磷(6.6)、高锰酸盐指数(1.3)
老运粮河	劣V	1.45	氨氮(6)、COD(1.6)、BOD <sub>5</sub> (2.3)、总磷(4.9)、高锰酸盐指数(0.17)

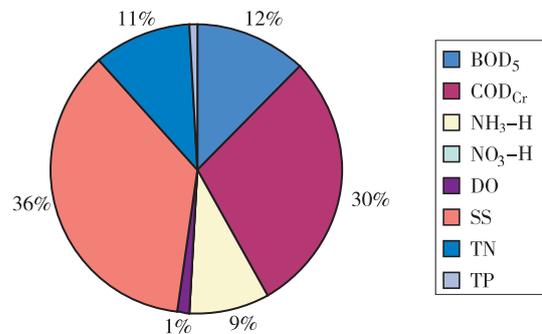


图3 污染物对新运粮河的污染贡献

## 3 结论

(1) 新运粮河下游河段全年水质均为劣V类，是所有滇池入湖河流中污染严重的河流之一，其各河段（监测点）污染程度不同。越往下游水污染越严重，即：4#>5#>3#>2#>1#。

(2) 各理化指标对其的污染贡献不同, SS、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、TN 对新运粮河的污染贡献率分别为 36%、30%、12%、11%。SS、COD<sub>Cr</sub>、TN、BOD<sub>5</sub> 为其主控污染因子

#### 4 展望

研究新运粮河水质变化情况时, 若有长期的水质监测数据和污染物来源的详细调查, 将能更准确地把握河流水质的变化趋势。同时, 表征河流水质的指标还有待进一步研究的必要。再者, 在研究社会经济统计指标及土地利用覆盖与水质关系时, 如能掌握主要河流小流域范围和特征资料将能更好地细化各河流小流域内的各影响因子与水质的关系。本文的关系是宏观上的, 局部应该有所差异, 需进一步研究。

近年来随着滇池流域治理投资的增加, 上游污染源截污工作的加强, 污染严重的工业全部迁出该流域, 生活污水直接向河道排放的量也减少, 上游污染负荷降低。然而, 针对新运粮河应该重点采取环河截污、环河生态、河道治理、底泥疏浚等工程措施。

#### 参考文献:

- [1] K Song, S H Lee, W J Mitsch, et al. Different responses of denitrification rates and denitrifying bacterial communities to hydrologic pulsing in created wetlands [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42 ( 10 ): 1721 - 1727.
- [2] 金相灿, 辛玮光, 卢少勇. 入湖污染河流对受纳湖湾水质的影响 [J]. *环境科学研究*, 2007, 20 ( 4 ): 52 - 56.
- [3] 李海英, 冯慕华, 李玲, 等. 微曝气生态浮床净化入湖河口污染河水原位模型实验 [J]. *湖泊科学*, 2009, 21 ( 4 ): 782 - 788.
- [4] 陈灿, 王国祥, 朱增银, 等. 城市人工湖泊水生植被生态恢复技术 [J]. *湖泊科学*, 2006, 18 ( 5 ): 523 - 527.
- [5] 魏复盛. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 郭姿珠. 水体中总氮测定方法的研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [7] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究 [J]. *同济大学学报 (自然科学版)*, 2005, 33 ( 3 ): 321 - 325.
- [8] 李晓东, 孙铁珩, 李海波. 人工湿地除磷研究进展 [J]. *生态学报*, 2007, 27 ( 3 ): 1226 - 1232.
- [9] 陈佳洁. 多级土壤渗透系统处理污染河水的试验研究 [D]. 湖南大学, 2012.
- [10] 王华光, 刘碧波, 李小平. 滇池新运粮河水质季节变化及河岸带生态修复的影响 [J]. *湖泊科学*, 2012, 24 ( 3 ): 334 - 340.

## Water Quality Research at the Lower Reach of New Yunliang River

NIE Ju-fen, YANG Feng-le, JIN Zhu-jing, ZHANG Chun-min

(Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** As an important inflowing river into Lake Dianchi, the water quality of the New Yunliang River directly affects the ecological health and environmental safety of the lake. The Surface Water Environment Quality Standard (GB3838 - 2002) was employed to investigate the physical and chemical factors which affected the water quality. From the end of August of 2011 till the end of October of the same year, the water quality of the representative river sections had been monitored. The results show that the water quality of the lower reach of the New Yunliang River was worse than Grade V throughout the year, being the most seriously polluted inflowing river. The further down along the river the worse is its quality. The main factors of SS, COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>5</sub> and TN had different contribution to the river pollution, that was respectively 36%, 30%, 12% and 11%.

**Key words:** New Yunliang River; water quality; pollution factor

# 阳宗海砷浓度与浮游植物的变化分析

徐永梅

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘要:** 通过对 2007—2011 年阳宗海砷浓度和藻类数量、种类变化数据的研究, 分析砷浓度对藻类的影响。

**关键词:** 砷; 藻类; 变化; 研究; 阳宗海

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0062-03

阳宗海为小江西支断裂控制形成的高原断陷淡水湖泊。面积 31.9km<sup>2</sup>, 平均水深约 20m, 总蓄水量 6.04 亿 m<sup>3</sup>。兼有生活饮用、农业灌溉、工业生产、旅游景观等多种功能。

阳宗海是云南“九大”高原湖泊之一, 其水质优良, 但生态环境脆弱。阳宗海在前期的旅游开发中, 由于保护认识不到位, 管理薄弱, 盲目发展, 使水体受到污染, 水质一度从Ⅱ类降为Ⅳ类。“九五”末期, 有关部门采取了一系列有效的保护措施, 加大了执法力度, 才使阳宗海水质得到改善, 恢复到Ⅱ类水平。但自 2008 年开始, 阳宗海遭受砷污染, 2008 年 6 月砷浓度均值达到 0.055mg/L, 超过Ⅱ类水 0.05 mg/L 的标准; 2008 年 8 月砷浓度均值达到 0.106mg/L, 超过Ⅴ类水 0.10mg/L 的标准; 2008 年 10 月达到迄今为止的最高值 0.128 mg/L, 随后开始缓慢下降。2011 年 12 月砷浓度值为 0.067 mg/L, 水质仍然超过Ⅴ类。

阳宗海砷污染已经有 4 年多, 水体中的藻类是否会因为砷污染而发生变化成为备受关注的问题。本课题组对 5 年来砷浓度的变化和湖体中藻类数量、种属、优势种的变化进行分析研究, 得到砷对藻类影响的初步结论。

## 1 分析方法、仪器及点位布设

### 1.1 方法和仪器

砷按照国家环保总局《水和废水监测分析方法》第四版的要求, 采用原子荧光法, 仪器为 AFS-830 双道原子荧光光度计。

藻类分析按照国家环保总局《水和废水监测分析方法》第四版, 浮游生物的测定进行采样、分析、计数。

### 1.2 点位布设

在阳宗海南、中、北布设 3 个采样点位进行分析, 砷每月分析 1 次, 藻类枯、丰、平水期各监测 2 次。

## 2 监测结果

表 1 2007—2011 年阳宗海水体中砷浓度监测结果表

(mg/L)

		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
阳宗海北	2007	0.011	0.0005L	0.001	0.008	0.005	0.009	0.001	0.0005L	0.002	0.014	0.005	0.042
	2008	0.005	0.029	0.015	0.017	0.046	0.050	0.072	0.106	0.115	0.128	0.122	0.113
	2009	0.104	0.110	0.106	0.101	0.112	0.107	0.114	0.113	0.110	0.115	0.117	0.114
	2010	0.104	0.104	0.100	0.086	0.083	0.064	0.054	0.032	0.028	0.035	0.070	0.070
	2011	0.063	0.062	0.044	0.038	0.031	0.026	0.025	0.026	0.026	0.038	0.048	0.066
阳宗海中	2007	0.006	0.0005L	0.001	0.008	0.006	0.007	0.001	0.0005L	0.002	0.017	0.005	0.033
	2008	0.005	0.027	0.015	0.025	0.046	0.053	0.072	0.105	0.122	0.125	0.122	0.117
	2009	0.105	0.110	0.106	0.103	0.113	0.107	0.114	0.113	0.112	0.115	0.116	0.108
	2010	0.104	0.103	0.099	0.089	0.082	0.064	0.052	0.033	0.028	0.035	0.066	0.079
	2011	0.063	0.062	0.045	0.038	0.029	0.026	0.026	0.028	0.027	0.038	0.048	0.067
阳宗海南	2007	0.005	0.0005L	0.001	0.0005L	0.006	0.0005L	0.001	0.0005L	0.003	0.021	0.005	0.033
	2008	0.005	0.028	0.015	0.011	0.048	0.062	0.075	0.106	0.126	0.130	0.122	0.117
	2009	0.109	0.112	0.106	0.104	0.114	0.109	0.115	0.114	0.113	0.115	0.117	0.121
	2010	0.104	0.105	0.100	0.087	0.082	0.063	0.053	0.032	0.028	0.034	0.058	0.078
	2011	0.063	0.062	0.044	0.035	0.030	0.026	0.027	0.026	0.026	0.037	0.050	0.069

表 2 2007—2011 年阳宗海水体中浮游植物监测结果

采样点位	采样日期	门/属	优势种	个体数/ (万细胞/L)	采样点位	采样日期	门/属	优势种	个体数/ (万细胞/L)
阳宗海北	2007-3-6	3/5	卵囊藻 84.1%	7.25	阳宗海北	2009-3-2	3/7	微囊藻 46.5%	5.16
阳宗海中	2007-3-6	4/7	卵囊藻 60.8%	13.4	阳宗海中	2009-3-2	4/9	微囊藻 71.3%	6.62
阳宗海南	2007-3-6	3/6	卵囊藻 54.3%	4.7	阳宗海南	2009-3-2	4/6	微囊藻 76.2%	7.24
月平均	2007-3-6			8.45	月平均	2009-3-2			6.34
阳宗海北	2007-7-3	4/10	脆杆藻 23.4%	3.84	阳宗海北	2009-7-1	5/8	微囊藻 76.2%	1322
阳宗海中	2007-7-3	4/11	脆杆藻 39.0%	3.15	阳宗海中	2009-7-1	5/10	微囊藻 86.9%	1057
阳宗海南	2007-7-3	3/10	脆杆藻 31.3%	2.88	阳宗海南	2009-7-1	5/8	微囊藻 80.7%	3271
月平均	2007-7-3			3.29	月平均	2009-7-1			1883
阳宗海北	2007-11-3	3/8	微囊藻 38.5%	0.31	阳宗海北	2009-11-2	4/9	席藻 83.9%	1893
阳宗海中	2007-11-3	3/9	并联藻 40.3%	0.49	阳宗海中	2009-11-2	4/11	席藻 69.0%	2232
阳宗海南	2007-11-3	3/8	并联藻 36.9%	0.42	阳宗海南	2009-11-2	5/10	席藻 67.1%	3645
月平均	2007-11-3			0.41	月平均	2009-11-2			2590
2007 年平均				4.05	2009 年平均				1235
阳宗海北	2008-3-5	3/5	卵囊藻 84.1%	246	阳宗海北	2011-3-1	5/8	席藻 92.3%	592
阳宗海中	2008-3-5	4/7	卵囊藻 60.8%	466	阳宗海中	2011-3-1	4/10	席藻 89.9%	337
阳宗海南	2008-3-5	3/6	卵囊藻 54.3%	208	阳宗海南	2011-3-1	4/9	席藻 94.3%	632
月平均	2008-3-5			307	月平均	2011-3-1			520
阳宗海北	2008-7-1	4/10	脆杆藻 23.4%	74.7	阳宗海北	2011-5-3	5/9	席藻 91.4%	3680
阳宗海中	2008-7-1	4/11	脆杆藻 39.0%	322	阳宗海中	2011-5-3	4/9	席藻 79.9%	2540
阳宗海南	2008-7-1	3/10	脆杆藻 31.3%	158	阳宗海南	2011-5-3	5/8	席藻 86.7%	1800
月平均	2008-7-1			185	月平均	2011-5-3			8020
阳宗海北	2008-11-5	3/8	微囊藻 38.5%	1636	阳宗海北	2011-11-1	5/7	席藻 92.0%	2900
阳宗海中	2008-11-5	3/9	并联藻 40.3%	1748	阳宗海中	2011-11-1	4/9	席藻 84.2%	2720
阳宗海南	2008-11-5	3/8	并联藻 36.9%	1044	阳宗海南	2011-11-1	4/7	席藻 92.5%	3910
月平均	2008-11-5			1474	月平均	2011-11-1			3177
2008 年平均				656	2011 年平均				3905

注：2010 年由于特殊原因，没有浮游植物监测数据。

表 3 2007—2011 年总氮、总磷和叶绿素 A 监测结果

(mg/L)

		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
阳宗海北	TP	0.023	0.033	0.047	0.036	0.028
	TN	0.41	0.40	0.41	0.52	0.54
	叶绿素 A	0.003	0.004	0.006	0.011	0.010
阳宗海中	TP	0.023	0.034	0.047	0.033	0.029
	TN	0.41	0.45	0.41	0.51	0.59
	叶绿素 A	0.002	0.004	0.006	0.010	0.011
阳宗海南	TP	0.020	0.037	0.048	0.033	0.028
	TN	0.49	0.41	0.43	0.50	0.56
	叶绿素 A	0.002	0.004	0.006	0.011	0.010
阳宗海平均	TP	0.022	0.035	0.047	0.034	0.028
	TN	0.44	0.42	0.42	0.51	0.56
	叶绿素 A	0.002	0.004	0.006	0.011	0.010

### 3 数据分析

对近 5 年的监测数据进行分析发现，2007 年阳宗海还没有遭受砷污染，以及 2008 年阳宗海砷

污染初期时，阳宗海的浮游植物优势种呈现多样性的特征，包括有卵囊藻、脆杆藻、并联藻、微囊藻，优势种所占比例为 23.4% ~ 84.1%；2009 年

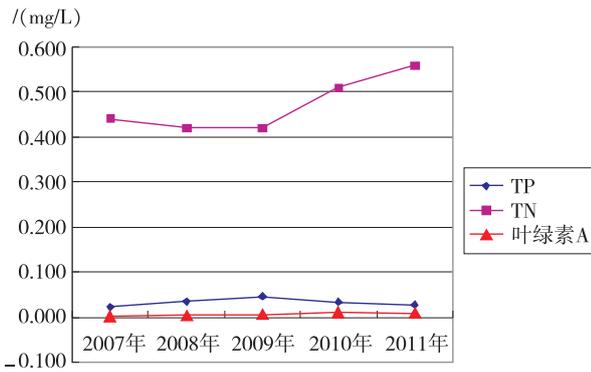


图1 阳宗海2007—2011年总氮、总磷和叶绿素A年均值浓度变化图

前3季度的浮游植物优势种就只有微囊藻一种，卵囊藻、脆杆藻、并殖藻从优势种中消失了。虽然藻类的门、属没有大的变化，但是除了微囊藻外，其余藻类数量大幅下降，微囊藻所占比例为46.5%~86.9%，2009年7月份更是达到76.2%~86.9%，优势种呈现明显的单一化。2009年11月优势种变为席藻，所占比例为67.1%~83.9%。虽然没有2010年的数据，但是2011年全年的数据

和2009年有着非常好的连续性，优势种全年均为席藻，所占比例为79.9%~94.3%，单一化更加明显，优势种高度集中。而2007—2011年的富营养化数据并没有明显的变化，总磷略有下降，总氮和叶绿素A略有升高。

从数据来看，阳宗海水体在总磷、总氮和叶绿素A这些富营养数据没有明显变化，而遭受砷污染后，浮游植物优势种从多样化变为单一化，而且种群比例高度集中。这一变化和砷应有较大联系。

#### 4 结论

一直以来，对于湖泊浮游植物，主要研究与富营养指标之间的关系，也确实发现了浮游植物与富营养指标之间的很多联系。但是阳宗海由于遭受砷污染这一特殊性，而同期富营养指标没有明显变化，浮游植物却发生明显的种群和数量的突变，表明砷的污染确实对浮游植物产生巨大的影响，这将是一个全新的研究领域。从监测数据无法分析出为什么砷会导致浮游植物的突变，也无法研究浮游植物变化的全过程，因此需要更深入地研究。

## Arsenic Concentration and Phytoplankton Change in Lake Yangzong

XU Yong-mei

(Kunming Municipal Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** This paper gives an analysis of the influence of the arsenic concentration on the algae in Lake Yangzong, based on the data of the arsenic concentration, algae population and species change in the lake from 2007 to 2011.

**Key words:** arsenic; algae species; change; research; Lake Yangzong

# “十二五”辽河流域沈阳段污染治理对策初探

韩 苏

(沈阳市环境监测中心站, 辽宁 沈阳 110011)

**摘 要:** 在研究分析“十二五”期间辽河流域沈阳段污染治理工作面临形势的基础上, 总结了目前存在的主要问题, 并有针对性地提出了解决对策。

**关键词:** 辽河流域; 污染治理; 对策; 沈阳段

**中图分类号:** X52    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0065-03

辽河流域流经河北、内蒙古、吉林和辽宁 4 省, 流域面积为  $21.96 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 是我国七大流域之一<sup>[1]</sup>。辽河流域地处辽宁省的轴线位置, 90% 以上的流域面积分布在辽宁省境内, 涉及沈阳、鞍山、抚顺、本溪、辽阳、铁岭、营口、盘锦、锦州、阜新和朝阳 11 个省辖市, 28 个市县<sup>[2-3]</sup>, 是国家振兴东北老工业基地的核心区域, 承载着辽宁省经济社会发展的巨大压力。辽河被誉为沈阳的“母亲河”, 长期的高强度区域开发导致流域内生态环境不断恶化与水资源严重不足, 不仅威胁着辽河的生态安全, 更制约了区域经济与社会的又好又快发展。解决辽河流域水环境污染的突出问题, 切实改善辽河水环境质量已成为“十二五”时期实现沈阳市区域经济快速发展的必然前提。

## 1 “十一五”期间辽河流域治理工作回顾

“十一五”期间, 沈阳市在辽河干流及八家子河、长河、左小河等支流河, 浑河干流及细河、蒲河、白塔堡河等支流河规划建设了 24 座城镇污水处理厂, 新增污水处理能力 57.5 万 t/d, 城市污水处理率达到 75%, 工业园区污水处理率, 郊区、县的政府所在地污水率均达到 100%; 全面推进重点污染源治理, 对流域沿线重点污染企业实施污染治理, 对不能稳定达标排放的糠醛生产企业和化工、制药、食品等重点污染企业进行关停整顿; 持续强化饮用水源保护, 对影响饮用水源安全的 32 家企业实施了搬迁, 取缔了 81 家饮用水源周边的违法企业, 消除饮用水污染潜在威胁, 确保了沈阳市饮用水源水质达标率稳定在 100%; 全面开展流域生态及景观建设, 河流生态建设和修复、水陆生态廊道与生态屏障建设全面展开, 地表水环境质量稳步好转。辽河沈阳段水环境质量持续改善,

2010 年主要污染物浓度达到国家地表水Ⅲ类水质标准<sup>[4]</sup>。

## 2 “十二五”期间辽河流域治理工作面临的形势

“十二五”时期是辽宁省社会经济实现跨越式发展和全面振兴的重要时期, 经济结构调整和产业升级步伐将进一步加快, 环境基础设施建设将稳步推进, 流域治理政策、法规、资金支撑以及机构管理体系将进一步完善。党中央、国务院将建设资源节约型、环境友好型社会作为加快两型社会转变的重要着力点, 将推进重点流域水污染防治作为两型社会建设的重要内容, 地方各级政府高度重视重点流域水污染防治工作, 积极参与水环境保护, 为辽河流域水污染防治提供了新的历史机遇<sup>[5]</sup>。与此同时, “十二五”期间, 随着沈阳市工业化、城镇化的高速发展, 工业废水、城镇生活污水排放总量必将大幅增加, 水污染因素也必然日趋复杂化和多样化, 高速的经济发展势必带来更大的生态环境压力。由此可以预见, 在“十二五”期间沈阳市辽河流域污染治理工作还将面临着巨大的压力和挑战。

## 3 辽河流域治理中存在的主要问题

### 3.1 河流生态用水严重缺乏

辽河流域水资源总量 130.48 亿  $\text{m}^3$ , 人均水资源量 712  $\text{m}^3$ 。按照联合国“人均水资源量  $< 500 \text{ m}^3$  为极度缺水”的规定, 流域内的西辽河、浑河和太子河属于极度缺水地区。辽河流域水资源利用率已超过 70%, 远远超过了国际公认 40% 的警戒线<sup>[6]</sup>。为保证城市工业发展和人民生活用水, 辽河流域经济社会发展一直沿用长期挤占生态用水的模式, 加之植被覆盖率低, 河道自然蒸发率高, 造成河流生态流量严重不足, 甚至出现断流, 降低了河流的环境承载力。不少河流常年处于断流状态,

甚至演变成了城市排污沟。

### 3.2 水污染问题依然十分突出

自“九五”末期开始,经过长期的不懈努力,辽河流域水污染得到初步控制,水质状况和生态环境质量有所改善,但由于辽河属季节性河流,河道径流量对水质影响较大,丰水期、平水期水质相对较好,枯水期水质污染相对严重。辽河流域沿线分布着大量的工业企业和居民,近年来,辽河流域工业废水和居民生活污水排放量虽然略有下降趋势,但是经济增长过程中工业污染和城镇化带来的人口激增对环境的压力仍然较重,加上遗留的环境污染问题突出,历史欠债较重,其环境发展趋势令人担忧。而随着种植业、养殖业、农产品加工业的较大发展,农业非点源污染呈现上升趋势,将成为辽河水环境根本改善的又一个制约因素。

### 3.3 现行管理手段不能有效支持水环境保护

目前流域的水资源开发、管理和治水等工作尚未协调统一,流域管理法规制度不健全,制约了流域管理的实施。环境保护执法力度不够,依法监督尚需强化。流域治理资金融资渠道较为单一,市场机制和政府投入机制还不健全,基础设施和重点项目建设过度依赖于政府,致使部分污水处理厂及配套管网建设严重滞后,一些已建污水处理厂运行率不高,污染物难以大幅度削减,污水处理厂作用没有真正发挥出来。

## 4 “十二五”期间辽河流域沈阳段治理对策

### 4.1 提高用水效率,积极推进污水资源化使用

针对一些耗水量大的行业和企业,制定切实可行的节水规划,加大产业结构调整和技术改造力度,推动企业实施清洁生产,促进工业增长与水资源的协调发展<sup>[7]</sup>。积极推广污水回用等非传统水资源的开发利用,在规划建设城市污水处理厂的同时,开展污水的深度处理,对景观用水、绿化用水、路面冲洗等市政用水,优先采用处理后达到用水标准的再生水。开展中水回用试点工作,选择一批居民小区、医院、宾馆和学校,建设小型污水处理设施,提高污水的回用率和资源化利用水平。

### 4.2 加强污染源头治理,优先控制主要污染区域

因地制宜建设乡镇污水处理厂、人工湿地,保证排入辽河及支流河的城镇污水全部得到处理。针对白塔堡河、满堂河等重点支流河,开展排污口专项整治行动,坚决封堵非法排污口,有效遏制污水偷排现象。实施沿线污染源集中整治行动,对超标排放的污染源限期治理,对在规定期限内仍不能实

现达标排放的重污染源依法进行关停和搬迁。开展重点河流达标行动,对水质易反弹的重点支流河进行摸底调查,逐条河流制定达标工作实施方案,切实改善重点支流河水环境质量。实施非点源污染防治,确保屠宰企业以及规模以上的养殖场排放废水实现达标排放。加大饮用水源地保护力度,划定集中式饮用水水源保护区,清查取缔水源保护区内的污染源和建设项目,消除饮用水污染潜在威胁。

### 4.3 推进生态景观化建设,大力实施水系环境综合整治

对辽河部分河段的河道进行清淤、拓宽,修筑生态蓄水工程,形成100~300m宽的主河道,增加河流流量,保证河流最小生态需水量。在河流中放养水生动物,发展水生植物,修复河流水生生态环境。科学开发建设河滩地,辽河保护区内以自然封育治理为主,在滩地种植乔木、灌木及其他陆生、水生植物或野生花卉,实施滩地种植结构调整,推广种植牧草等经济作物。在河流沿岸种草、植树、造林,进行生态景观、人文景观和休闲娱乐健身设施建设,建设辽河绿色及生态景观廊道。

### 4.4 强化政府主导作用,进一步提升流域环境管理水平

建立健全政府工作目标责任制,将辽河流域污染治理与政绩考核有机结合起来,强化省、市、县三级政府管理并逐级签订责任状。实施行政区域断面水质目标考核,建立和严格执行控制单元水质超标赔偿机制、责任追究制度。制定和完善流域水资源保护规划、水污染防治规划、生态保护规划等规章制度,通过法律和政府手段,理顺水污染防治和水资源保护的关系,使两者协调统一,相互促进。拓宽融资渠道,建立“政府主导,社会参与,市场运作”的多元化筹资机制,切实落实流域治污项目建设资金,既要确保地方各级政府将治理建设资金纳入同级财政预算,又要充分调动全社会对水环境治理投入的积极性,积极吸引各类社会资金参与建设<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 孟伟,张伟,郑丙辉. 辽河流域生态分区研究 [J]. 环境科学学报, 2007, 27 (6): 911-918.
- [2] 苏丹,王治江,王彤,等. 辽河流域工业废水主要污染物排放强度单元差异分析 [J]. 生态环境学报, 2010, 19 (2): 275-280.
- [3] 姜曼,王彤,夏广锋,等. 辽宁流域水资源与水环境影响评价 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (12): 7378-7380, 7449.
- [4] 沈阳市环境保护“十二五”规划 [R]. 2011.

- [5] 重点流域水污染防治规划 (2011-2015 年) [R]. 2012.
- [6] 白玉新, 王鑫东, 尚贞东, 等. 辽宁省辽河流域综合治理对策 [J]. 水利发展研究, 2012, (7): 46.
- [7] 钱易, 张杰, 李圭白. 东北地区污染防治对策研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 87.
- [8] 辽河保护区治理与保护“十二五”总体规划 [R]. 2011.

## **Preliminary Discussion on Pollution Control Countermeasures in Liao River Basin during the Twelfth Five-Year Plan Period**

HAN Su

(Shenyang Municipal Environmental Monitoring Center, Shenyang Liaoning 110011 China)

**Abstract:** This article analyzes the situation that the Liao River basin in Shenyang was faced in the Twelfth Five-Year Plan period, and summarizes the main existing problems, and finally puts forward the countermeasures.

**Key words:** Liao River basin; pollution control; countermeasure; Shenyang Section

# 澜沧江上游云南江段污染现状及防治对策

赵祖军, 李妍丽

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 根据澜沧江上游江段水质监测数据, 并依据国家现行地表水环境质量标准 (GB3838-2002), 客观分析了澜沧江上游流域水质污染现状、主要污染物和主要污染源。同时, 提出了对澜沧江上游流域污染情况的防治对策和措施。

**关键词:** 澜沧江上游; 污染现状; 监测评价; 对策

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0068-03

澜沧江—湄公河是世界第六, 亚洲第三, 东南亚第一长河, 有“东南亚文明的摇篮”之称<sup>[1-3]</sup>, 在中国境内称澜沧江, 出境后称湄公河。在云南段, 沿途支流主要有黑惠江、流沙河、泚江、漾濞江和南碧河等。上游河道坡陡险峻, 流域形状由北向南呈狭长带状, 流域内地形复杂, 由于地址板块的强烈碰撞和挤压, 岩浆活动频繁, 矿产资源丰富, 为世界级成矿带。

近年来, 由于澜沧江上游江段沿岸选矿以及有色金属冶炼企业的增多, 大量工业废水和生活污水排放, 导致澜沧江主要支流水质污染极为严重。对澜沧江水质的监测和防污治污工作迫在眉睫, 但目前对于澜沧江上游水质和污染情况鲜有报道。本文主要对澜沧江上游江段 (云南段) 主要断面进行了采样监测, 对水体污染现状进行了综合评价, 同时提出了一些防治对策和措施。望有助于抑制澜沧江上游水质恶化趋势。

## 1 流域水体环境质量现状

澜沧江上游水系发达, 上游水环境质量情况将直接影响澜沧江中下游的水质状况, 进而影响人们的生产生活。根据澜沧江上游的特征及沿江流域的排污状况, 在澜沧江上游流域枯水期和丰水期分别监测了盐井、云岭、巴迪、中路、旧州、营盘街、永春河和通甸河 8 个断面。采用国家标准《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中的 II 类标准进行评价。

参与评价的项目为水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、氟化物、氰化物、

砷、汞、铜、铅、锌、镉、六价铬、挥发酚、硫化物、BOD<sub>5</sub> 和粪大肠菌共 20 个项目。

综合评估 20 个监测项目, 结果显示, 澜沧江上游水域水质较好。监测断面盐井、云岭、巴迪、中路、营盘街和旧州 6 个断面属于 II 类水质。永春河和通甸河大部分指标处于地表水 II 类水质, 但是由于上游沿岸县市的生活污水和工业废水大量排入, 造成各个污染物质的浓度均很高。超标情况如表 1 所示。

表 1 永春河和通甸河水质监测超标数据 (mg/L)

项目	永春河		通甸河	
	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期
COD <sub>Mn</sub>	2.55(0)	2.45(0)	4.95(1.24)	2.93(0)
NH <sub>3</sub> -N	0.87(1.74)	0.81(1.62)	0.33(0)	0.34(0)
TN	0.89(1.78)	0.97(1.94)	1.26(2.52)	1.17(2.34)
铅	<0.01(0)	<0.01(0)	0.12(12)	0.11(11)
锌	<0.006(0)	<0.006(0)	1.75(1.75)	1.77(1.77)
粪大肠菌	5400(2.7)	16000(8)	9400(4.7)	790(0)

注: ( ) 内容表示超标倍数。

从表 1 可以看出, 永春河和通甸河均有超标的污染物; 特别是通甸河的铅由于沿岸大量的选矿、冶炼厂生产废水不达标排放, 造成铅污染物已经超过 IV 类标准, 达到 V 类标准。超标污染物质主要为高锰酸盐指数、氨氮、总氮、铅、锌和粪大肠菌。

## 2 澜沧江上游流域主要污染源

### 2.1 工业污染源调查与分析

经过调查统计, 澜沧江上游流域内, 所有工矿企业污染源工业废水排放量为 2,424,400t/a。主要的污染物质为化学需氧量 (COD)、铅 (Pb)、镉 (Cd)、六价铬 (Cr<sup>6+</sup>) 和砷 (As)。详细数据见表 2。

收稿日期: 2013-05-16

作者简介: 赵祖军 (1976-), 男, 云南昆明人, 工程师, 硕士, 主要从事环境监测分析工作。

表2 澜沧江上游流域工业污染排放量汇总 (t/a)

项目	废水总量 (万 t/a)	COD量	Pb量	Cd量	Cr <sup>6+</sup> 量	As量
兰坪县	74.94	47.4686	1.8598	0.0758	0.0171	0.1306
云龙县	167.50	—	1.4505	0.8710	—	0.5800
德钦县	—	—	—	—	—	—
维西县	—	—	—	—	—	—

近年来,澜沧江上游流域沿岸工矿企业增多,加之各工矿企业的产业结构和技术水平较低,导致流域内工业污染物排放量大大增加,再加上工业废水的达标排放标准远远高于地表水标准,所以,即使工业废水绝大部分能够达标排放,对于自然河道来说,废水中污染物的浓度仍然很高。澜沧江上游云南江段主要排污企业有20多家,且这些企业有色金属冶炼和选矿企业居多。这些工矿企业不仅耗水多,而且废水排放量大,造成污染物浓度高,而限于投资和技术、设备和管理的不足和落后,污水处理设施处理能力严重不足,废水的处理率不达标,还有大量未经处理的工业废水直接排入泚江造成泚江水质的面积污染。泚江是澜沧江的重要支流,泚江“枯、平、丰”三期水质监测及评价结果表明,铅、镉严重超标,综合评价为劣V类,属于严重的重金属毒物污染,间接对澜沧江水体造成污染。

## 2.2 农业面源污染调查与分析

澜沧江上游江段流域沿岸多为荒山丘陵,山高谷深。由于近几年来农业发展迅速,农田中大量施用的化肥中含丰富氮、磷物质。调查结果表明,排入澜沧江上游江段的农业废水排放量总计为33,078,500 t/a,其主要污染物是固态氮、溶解态氮、总磷和可溶性磷,如表3所示。

表3 澜沧江上游流域农业污染排放量汇总 (mg/L)

项目	农业污水排 放总量/(t/a)	主要污染物及浓度范围			
		固态氮	溶解态氮	总磷	可溶性磷
云龙县	18861000				
兰坪县	5732000				
维西县	7665400	48.79	14.3	2.08	0.02
德钦县	820100				

由于澜沧江上游沿岸不利的地形,加之近年来大量植被的破坏以及不当的农业生产措施,导致大量高浓度的固态氮、溶解态氮、总磷和可溶性磷等污染物在降水或灌溉过程中,通过水土流失、地表径流、农田排水和地下渗漏等,进入澜沧江水体。根据表3可知,澜沧江上游流域农业污水固态氮排放量为1613.90 t/a,溶解态氮排放量为473.02 t/a,总磷排放量为68.80 t/a,可溶性磷排放量为0.66 t/a。

## 2.3 城乡生活污染源调查分析

据初步统计,排入澜沧江上游江段的生活废水排放量为24947504 t/a,主要污染物质为COD、总氮(TN)和生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)。

表4 澜沧江上游流域生活污水污染物排放量汇总 (mg/L)

项目	生活污水排 放总量 (t/a)	主要污染物及浓度范围		
		COD <sub>Cr</sub>	TN	BOD <sub>5</sub>
云龙县	9583125			
兰坪县	8103923			
维西县	5699426	170~210	15~18	100~130
德钦县	1561030			
总计	24947504			

澜沧江上游江段沿岸云南境内人口约为140万人,农业人口占大多数。农村生活污水是主要污染源,城镇生活污水排放量仅占农村生活污水排放量的8.84%。生活污水COD浓度按210.00 mg/L, TN 18.00 mg/L, BOD<sub>5</sub> 130.00 mg/L计,则澜沧江上游江段沿岸生活污水COD年排放量为5238.98 t/a, TN年排放量为449.06 t/a, BOD<sub>5</sub>年排放量为3243.18 t/a。

结合调查结果分析,排往澜沧江上游江段内的COD、BOD<sub>5</sub>、Pb、Cd、Cr<sup>6+</sup>、As、P和N总量分别为5286.44 t/a、3243.18 t/a、3.13 t/a、0.95 t/a、0.017 t/a、0.71 t/a、69.46 t/a和2535.98 t/a。COD和BOD<sub>5</sub>以城乡生活污水排放为主,占总排放量的99.10%;氮、磷的排放主要以农业污染水为主;重金属铅、镉、六价铬和砷排放量以工业污水为主。

以澜沧江最枯流量(277.0 m<sup>3</sup>/s)进行环境容量计算,澜沧江上游江段COD、BOD<sub>5</sub>、P、N、As、Cd、Cr<sup>6+</sup>和Pb的水环境容量分别为15636.60 t/a、14673.00 t/a、438.00 t/a、613.20 t/a、344.56 t/a、39.42 t/a、419.75 t/a和43.80 t/a。上述主要污染物质中,氮的水环境容量仅占排放量的24.18%。其余物质虽然没有超过澜沧江上游江段的水环境容量,但是由于澜沧江上游江段支流(永春河、通甸河、泚江)污染严重,如若不防患于未然,长此以往,澜沧江水质将受到严重污染。

## 3 污染防治对策及措施

由于澜沧江是一条跨流域的国际性河流,所以其水污染问题是一项比较复杂、庞大的系统工程。需要结合流域的社会、经济和自然环境条件,进行综合治理<sup>[4]</sup>。

### 3.1 以点带面,点面结合

澜沧江上游江段污染主要由几条重点支流的污染所致,要使澜沧江上游江段干流水质改善,必须要加强对澜沧江上游江段重点支流的治理,做好支

流的治污工作。遵从源头抓起、支流治理的原则, 抓好支流的污染治理和水质控制, 以支流水质的改善带动干流水质的改善。因此, 要重点抓好通甸河、泚江、永春河和阿东河的治理。

### 3.2 工业污染源排放的控制

水污染综合整治的核心问题是工业废水, 做好工业污染源的控制排放, 是保证澜沧江上游江段沿岸生态功能恢复的关键。从现有主要工矿企业排污调查结果可知, 工业废水处理的突出关键问题是污水处理设备、设施不完善, 有的没有发挥其应有的作用。应该加强治理设施建设, 加强废水、废渣的回收处理, 减少排污量, 可以有效降低锌、铅、镉、砷和六价铬等重金属物质的浓度, 基本解决工业废水对澜沧江上游江段主要支流的污染。同时, 对澜沧江上游江段沿岸的企业加强管理, 严格限制发展高耗水和高污染的工业, 关停或并转一部分低效益、高污染的企业, 推广先进的生产工艺, 推行清洁生产, 提高工业用水的重复利用率<sup>[5]</sup>。另外, 加强排污许可证制度和各工矿企业排污达标排放, 各功能区严格按纳污能力要求限制排污。

### 3.3 城乡生活污染源控制

城市污水是造成水资源污染的重要原因。目前, 澜沧江上游江段沿岸城市修建的污水处理厂处理效率较低且城市管网污水收集率低, 有相当一部分城市污水未经污水处理厂直接排放。未经处理的污水不仅影响水功能区的有效利用, 也影响澜沧江干流的水质。因此, 为保护水资源, 应加大城市废水的处理力度, 提高污水回收利用率。农业对河道的污染主要是过量使用化肥和农药, 为控制澜沧江上游江段沿岸农业面源污染, 应改善化肥的施用方法和施肥结构, 多施有机肥, 合理施用氮、磷、钾肥, 科学合理地施用化肥。

### 3.4 生态恢复与保护

澜沧江上游流域作为一个完整的生态系统, 其中的各组成要素相互联系、相互影响<sup>[6]</sup>。水污染

的综合治理需要纳入到整个流域生态系统的修复规划, 在治理水污染的同时, 要考虑流域内土壤、植被、水生生物等自然因素以及人类活动对整个水环境的影响。由于森林砍伐和大规模农业开发引起的土地利用的变化引起了澜沧江上游生态系统的破坏。为了恢复植被, 要采取封山育林措施。据资料显示, 澜沧江上游江段有轻微水土流失现象, 要防微杜渐, 尽可能实施退耕还林还草, 提高植被覆盖率, 改善环境质量。

### 3.5 加大环保宣传和投入

澜沧江上游江段地处我国西南偏远地区, 经济发展水平较低, 沿岸各地防污能力差, 环保观念不强, 专项治理资金短缺。所以要向沿岸群众以及工矿企业大力宣传环保工作, 增强公众环保意识, 减少生产、生活中的资源浪费和环境破坏, 鼓励群众参与环境保护活动; 其次, 改变过去“发展优先、环保靠后”的观念, 加大环保资金和技术的投入, 扩大资金来源渠道。提高沿岸工矿企业的污染防治水平, 减少对澜沧江支流水体的污染, 实现以点带面治污的目标和区域水资源的可持续利用以及经济的可持续发展。

致谢: 本次调查研究的现场采样工作由云南省环境监测中心站谢海涛工程师等协助完成, 调研资料由澜沧江上游县环保局提供, 在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 宋强, 周启鹏. 澜沧江-湄公河开发现状 [J]. 国际资料信息, 2004, (10): 25.
- [2] 刘恒, 刘九夫. 澜沧江流域(云南段)水资源开发利用现状及趋势分析 [J]. 水科学进展, 1998, (9): 70.
- [3] 陈茜, 孔晓莎. 澜沧江-湄公河流域基础资料汇编 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000.
- [4] 彭殿宝, 周孝德. 渭河流域(陕西段)水体现状及水污染综合治理研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2010, (21): 131.
- [5] 孙长江, 王磊. 大凌河流域水资源现状分析与可持续利用对策 [J]. 南水北调与水利科技, 2007, (5): 48.
- [6] 杨淑梅, 刘厚风. 龙王河流域(莒南段)水污染现状及综合治理对策 [J]. 山东科学, 2004, (17): 40-44.

## Current Pollution Situation and Pollution Control in Yunnan Section of Upper Lancang River

ZHAO Zu-jun, LI Yan-li

(Yunnan Provincial Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** The water pollution, the water pollutants and the major pollution sources of the upper Lancang River are analyzed in this paper, based on the water quality monitoring data of the Yunnan section of the upper river and the Surface Water Environment Quality Standard (GB3838-2002).

**Key words:** upper Lancang River; current pollution; monitoring evaluation; countermeasure

# 1991—2010年贵阳市二氧化硫变化趋势、影响因素和防控措施

毛竹, 王浩

(贵州省环境监测中心站, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 根据1991—2010年贵阳市二氧化硫监测数据, 评价和分析了这期间贵阳市二氧化硫水平和变化趋势, 与季度变化、气象、降水pH的关系; 结果显示二氧化硫监测值逐年降低, 污染状况明显改善, 逐渐达到国家二级环境空气质量标准要求。提出二氧化硫防控措施。

**关键词:** 二氧化硫; 变化; 趋势; 影响因素; 防控措施; 贵阳

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0071-04

二氧化硫是化石燃料——煤、石油、天然气以及生物能源在燃烧过程中排出的有害无机气态污染物, 无色, 具有刺激性气味, 是一种分布广、危害大的主要大气污染物<sup>[1]</sup>, 是国家环境标准严格控制的项目。二氧化硫随空气进入人体, 作用于呼吸道粘膜, 也可以进入体液中, 引发加重呼吸系统各类疾病。二氧化硫与漂浮的尘埃协同作用后, 比单独危害更大: 飘尘、气溶胶微粒把二氧化硫带到肺部, 毒性增加3~4倍。二氧化硫对植物也有危害<sup>[2]</sup>。二氧化硫之所以成为重要污染物, 原因在于它参与了硫酸烟雾和酸雨的形成<sup>[3]</sup>。目前困扰城市化的环境问题PM<sub>2.5</sub>中大多数的SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>是通过二氧化硫氧化而形成的<sup>[4]</sup>。

贵阳市是贵州省会城市, 是西南的经济、文化、政治中心之一。贵阳市在20世纪80年代二氧化硫污染严重, 二氧化硫年均值最大超标6.7倍, 位居全国102个重点城市之首<sup>[5]</sup>。严重制约当地居民生产、生活水平。同期二氧化硫引起的酸雨污染发展迅猛, 全国酸雨主要发生在贵阳、重庆等地区<sup>[6]</sup>。1998年国家环保部划定了酸雨控制区和二氧化硫污染控制区范围, 贵阳市污染严重属于两控区管辖范围<sup>[7]</sup>。

## 1 贵阳市二氧化硫污染特征分析

### 1.1 评价标准

评价数据均来自贵阳市环境监测站历年监测结果。根据《国家环境空气质量标准》(GB3095-1996), 环境空气质量标准分为三级, 环境空气质

量功能区分三类, 贵阳市属于二类区即城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区。GB3095-1996二级标准为0.06 mg/m<sup>3</sup>, 三级标准为0.10 mg/m<sup>3</sup>。

### 1.2 评价办法

采用单项污染指数法<sup>[8]</sup>评价。

$$\text{二氧化硫污染指数 } I_i = C_i / C_{oi}$$

式中:  $C_i$ —二氧化硫的质量浓度值(实测或统计), mg/m<sup>3</sup>;

$C_{oi}$ —二氧化硫国家二级标准0.06 mg/m<sup>3</sup>。

### 1.3 1991—2010年二氧化硫年均值和污染指数变化分析

1991—2010年贵阳市二氧化硫年均值和污染指数变化见图1。

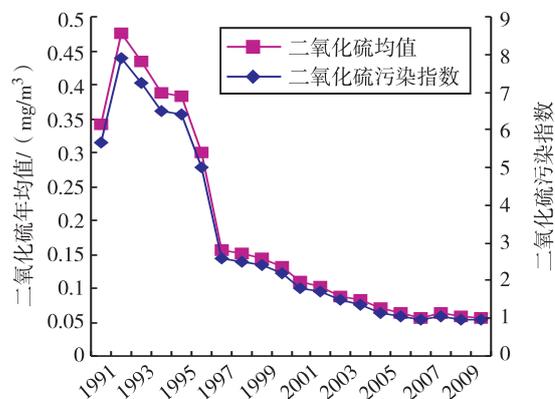


图1 1991—2010年贵阳二氧化硫年均值和污染指数变化

1991—1996年二氧化硫污染严重, 未达到国家三级标准, 平均超标倍数5.57倍, 最大超标倍数在1992年, 达到6.9倍。

收稿日期: 2013-04-23

作者简介: 毛竹(1976-), 女, 贵州人, 工程师, 学士, 主要从事环境监测研究。

1997—2006年，二氧化硫未达到国家二级标准，平均超标倍数2.09倍。2000年贵阳环境空气中二氧化硫首次达到三级标准 $0.1\text{ mg/m}^3$ 。最大超标倍数在1997年，达到1.6倍，其中2006年与1997年二氧化硫降幅达到58.7%。

2007—2010年，2007年二氧化硫年均值 $0.057\text{ mg/m}^3$ ，为20年来贵阳二氧化硫最低年均值，首次达到二级标准。

二氧化硫污染指数范围为 $7.91 \sim 0.95$ ，最高值在1992年，最低值在2010年，呈现前高后低的趋势；介于 $8 \sim 5$ 的有6年（1991—1996）；介于 $3 \sim 1$ 的有11年（1997—2006、2008）；介于 $1 \sim 0$ 的有3年（2007、2009、2010）。

#### 1.4 二氧化硫污染季节变化趋势

1991年—2010年贵阳市二氧化硫季度均值变化情况见图2。

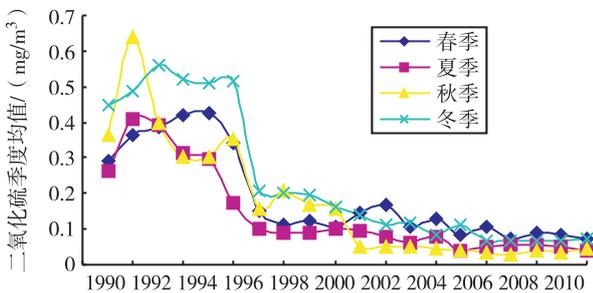


图2 1991—2010年二氧化硫季度均值变化

1991—2000年是二氧化硫高污染期，全年4个季节均值都远远超过国家二类标准。工业污染占主导，冬季、秋季是污染最严重的时期。冬季气温偏低，大规模的集中采暖，小型家庭燃煤型取暖，逆温层低，不易扩散<sup>[3]</sup>等原因造成冬季二氧化硫偏高，夏季二氧化硫最低。

2001—2010年二氧化硫整体趋于降低，工业污染影响降低，春季、冬季是污染最严重的时期。根据表1贵阳多年月均气象要素中贵阳的全年气温，第一季度气温最低，其次是第四季度。气温低导致民用取暖型污染占重要地位。

#### 1.5 气候、气象因素对二氧化硫的影响<sup>[9]</sup>

贵阳地处黔中山地丘陵中部，总地势西南高、东北低、岗阜起伏，地貌属于山地、丘陵为主的地区。贵阳常年气候为亚热带季风气候，地处非德环流圈，年平均气温 $15.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，7月下旬温度最高为 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，1月上旬温度最低 $4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

##### 1.5.1 降水对二氧化硫的影响<sup>[10]</sup>

贵阳降水充沛，年均降水量 $1129\text{ mm}$ 。大量的降水会裹挟空气中的二氧化硫，将其溶入降水中，

降低了空气中的二氧化硫浓度，但同时也导致了降水pH降低。第四季度二氧化硫污染重是受到本地降水量最少的影响，第二季度降水量在 $500\text{ mm}$ 左右，约占全年的44%。第一季度和第三季度降水量基本持平，介于第一和第四季度之间。

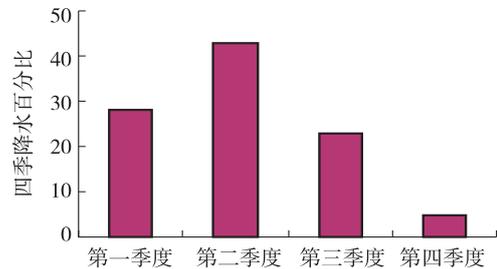


图3 贵阳季度降水百分比

##### 1.5.2 风向对贵阳二氧化硫的影响<sup>[11]</sup>

贵阳的风向冬季受北方西伯利亚—蒙古高压南下影响，以北东（NE）、北北东（NNE）、东北东（ENE）等风向为多。夏季主要是东南太平洋月吸纳印度洋暖湿气团，风向是南南西（SSW）、南（S）、南南东（SW）、东北东（ENE）、北东（NE）等风向。贵阳在冬、春、秋三个季节最多风向是偏北（NE、NNE）。

二氧化硫浓度与风速成反比，风速越小越不利于二氧化硫的输送和扩散<sup>[3]</sup>。贵阳年均风速 $2\text{ m/s}$ ，风速不大<sup>[12]</sup>。对污染物的扩散不及时，造成区域性严重二氧化硫污染。贵阳市区北部早期建设了一批二氧化硫排放量大的企业，他们在1991—2000年期间对贵阳的二氧化硫贡献大。在贵阳二氧化硫高污染时期，风向风速不是决定性因素。

##### 1.5.3 相对湿度对二氧化硫的影响

空气相对湿度反映该地区空气干燥或湿润程度。二氧化硫在空气中转化成三氧化硫，再与水结合成硫酸分子，再形成硫酸气溶胶。根据表1，贵阳多年12个月的相对湿度均值变化不大，为 $74\% \sim 78\%$ ，全年平均湿度 $77\%$ 。贵阳属于较高湿度地区，常年空气中水汽饱和度大，利于二氧化硫向气溶胶转化。这也是早期酸雨频发的原因之一。同时在高湿度地区二氧化硫在空气中的转化，催化氧化占重要部分<sup>[10,13]</sup>。

##### 1.5.4 光照对二氧化硫的影响<sup>[10,13]</sup>

二氧化硫向硫酸和硫酸盐转化中，二氧化硫转化为三氧化硫是关键一步。在夜间，无光，二氧化硫与氧气的反应慢；在白天光照下，光激发了二氧化硫向三氧化硫转化。贵阳地区全年光照均值 $1325\text{ h}$ ，水平整体偏低。7月日照数最多， $188\text{ h}$ ；1

月日照数最少, 57 h。贵阳地区二氧化硫的转化受到低光照水平的抑制。

表1 贵阳多年月均气候要素<sup>[12]</sup>

月份	温度/℃	相对湿度/%	日照小时/h
1	4.9	79	57
2	6.5	77	58
3	10.9	75	100
4	16.4	74	127
5	19.7	78	128
6	21.9	77	125
7	24.4	78	188
8	21.4	77	183
9	19.9	77	114
10	16.2	78	96
11	11.3	78	83
12	7.3	77	66

### 1.6 二氧化硫与降水 pH 年度变化趋势<sup>[14]</sup>

降水 pH < 5.6 时为酸雨, 酸雨即大气酸沉降, 主要是人类生产活动排放二氧化硫和 NO<sub>x</sub> 造成。贵阳地区的雨主要是硫酸型<sup>[14]</sup>。降水 pH 的变化趋势与二氧化硫相吻合。

1991—1996 年降水 pH、二氧化硫污染严重, 都未达到国家标准。最小降水 pH 在 1991 年, 达到 4.43; 1996 年降水 pH 首次超过 5.6, 达到 5.62。

1997—2006 年降水 pH 基本超过 5.6, 由 1997 年的 5.69 上升到 2006 年的 5.96, pH 值逐年增加, 首次达到国家环境空气质量标准。

2007—2010 年降水 pH 值逐年增加, 由 2007 年的 6.26 上升到 2010 年的 6.84, 逐年增加, pH 达到国家环境空气质量标准的要求, 酸雨对贵阳地区的危害得到改善, 贵阳地区摘掉酸雨区的帽子。

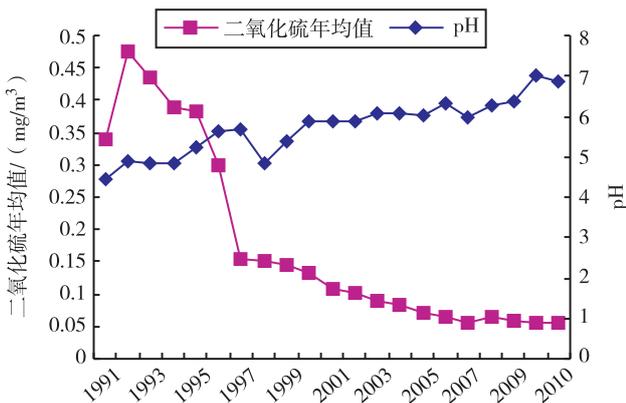


图4 1991—2010年二氧化硫年均值与降水pH变化趋势

## 2 贵阳市 1991—2010 年二氧化硫来源分析

贵阳市二氧化硫的来源主要包括两个方面: 工业污染源和生活污染源。贵阳煤的含硫量一般在 4%, 二氧化硫排放量与燃煤量成正比<sup>[6]</sup>。在前期工业污染占主要地位, 经过多年治理工业污染二氧化硫排放量逐年降低, 二氧化硫污染得到有效控制。根据贵阳市环境状况公报公布 2002—2010 年二氧化硫排放量, 2010 年贵阳市二氧化硫排放总量从 31 万 t 削减到 17.1 万 t, 削减了 45%。

### 2.1 工业污染源

工业排放量从 2002 年的 21 万 t 削减到 8.4 万 t, 削减了 60%。贵阳在早期建设了一批生产工艺落后、设备陈旧、高能耗企业, 包含电力、冶炼、非金属矿物制品、化工等企业均是二氧化硫的主要来源<sup>[15]</sup>。根据国家宏观调控政策, 贵阳市加强了煤烟污染控制, 工业二氧化硫排放量得到控制。对经济结构不合理的企业进行重大调整, 进行“退二进三, 退市转郊”政策, 对一些重大污染企业实行了关、停、并、转、迁; 推进燃煤供热专职清洁能源改造工程, 将 1~4 蒸 t 燃煤锅炉全部取缔。城市燃气普及率达到 99%。

### 2.2 生活污染源

主要是居民、服务行业由于餐饮、取暖等生活需要, 燃烧矿物燃料排放的烟气造成低空大气污染。民用炉灶和小型锅炉数量多、分布广、燃烧条件差、烟气就近排放, 造成局部地区大气环境影响大, 且污染控制技术难度大。生活二氧化硫排放量削减幅度低于工业源, 2010 年比 2002 年削减 13%。

表2 贵阳市二氧化硫排放量<sup>[16]</sup> (万 t)

年份	排放量	工业源	生活源
2002	31	21	10
2003	30.4	20.6	9.8
2004	31.9	22.5	9.4
2005	31.4	22.0	9.4
2006	19.8	10.7	9.0
2007	16.8	7.9	8.9
2008	17.3	8.5	8.8
2009	17.9	8.4	9.5
2010	17.1	8.4	8.7

## 3 污染控制措施

(1) 改变燃料结构, 选择低硫煤。采用低硫燃料是减轻二氧化硫污染的有效途径<sup>[17]</sup>。提高燃煤效率, 大力发展燃料煤无烟记录数, 治理煤烟污

染,采用二氧化硫净化技术,集中供热减少污染,推广固硫型煤,改进燃烧设备提高除尘、去硫效率,重点治理火电厂的二氧化硫,关闭高能耗、高污染的小火电机组,实行烟气脱硫,采用净煤技术<sup>[18]</sup>。

(2)全面规划、合理布局工业区,综合考虑气候、地形地貌特点对大气污染的影响。工业污染大户由于历史原因建在城市主导风向上风向,由于城市发展迅速,有的甚至紧邻市区或生活区。工业布局不合理,要逐步调整。布局结构由分散到集中、建立生态工业园区。

(3)调整地区产业结构、淘汰落后产能。着力推进发展方式从高消耗、高污染、高能耗向低消耗、低污染、低能耗转化<sup>[19]</sup>。

(4)调整能源结构,优化能源布局,实施能源改造、清洁能源建设工程。提高能源效率,取缔4.5~6.5蒸t燃气锅炉。发展清洁能源,如水电、燃气等,加快城市清洁燃气的使用。

(5)加强环境管理和执法,制定相关法律、法规,加强环境监管力度。加强二氧化硫污染的防治宣传。

参考文献:

[1] 李定龙,常杰云. 环境保护概论 [M]. 北京:中国石化出版社,2005:92.  
[2] 杨颀. 二氧化硫减排技术与烟气脱硫工程 [M]. 北京:冶金工业出版社,2004:9.  
[3] 戴树桂. 环境化学 [M]. 北京:高等教育出版社,2006:21-24.  
[4] 杨复沫. 北京大气细粒子PM<sub>2.5</sub>的化学组成 [J]. 北京:清华

大学学报(自然科学版),2002,42(12).

[5] 贵州省地方志编纂委员会. 贵州省志环境保护志 [M]. 贵阳:贵州人民出版社,2002:46,127.  
[6] 郝吉明. 燃煤二氧化硫污染控制技术手册 [M]. 北京:化学工业出版社,2001:5-43.  
[7] 国家环境保护局. 环发[1998]86号关于印发《酸雨控制区和二氧化硫污染控制区划分方案》的通知 [Z]. 1998.  
[8] 刘崎,潘伟斌. 环境质量评价 [M]. 广州:华南理工大学出版社,2004:124.  
[9] 魏毅,万旭荣,李朝阳. 孟亮乌鲁木齐市二氧化硫污染特征与防治对策 [J]. 四川环境,2011,(12):76-80.  
[10] 李长风. 上海市二氧化硫污染特征及污染源分析 [J]. 环境卫生工程,2010,(6):18-20.  
[11] 谢媚,陈粤蓀. 近年广州市二氧化硫污染特征及污染源分析 [J]. 环境科学与技术,2003,(3):18-20.  
[12] 本书编委会. 贵阳市志地理志 [M]. 贵阳:贵州人民出版社,1986:137-146.  
[13] 吴晓明. 环境化学 [M]. 武汉:武汉理工大学出版社,2005:38,40,98.  
[14] 熊际翎. 贵州省酸雨形势研究 [R]. 贵阳:贵州省环境保护科学研究所,1990:9,10.  
[14] 刘志勇,楼朝胜,刘晓灵,等. 义乌市二氧化硫和酸雨污染现状、成因及控制对策 [J]. 能源与环境,2011,(1).  
[15] 李光军,徐松. 石家庄市二氧化硫污染浓度分布规律研究 [J]. 环境科学与技术,2009,(11):191-194.  
[16] 贵阳市生态文明建设委员会. 贵阳市环境状况公报 [R]. 2002-2010.  
[17] 杨颀. 二氧化硫减排技术和烟气脱硫工程 [M]. 北京:冶金工业出版社,2004:11-12.  
[18] 王志轩. 火电二氧化硫环境影响与控制对策 [M]. 北京:中国环境科学出版社,2002:11-12.  
[19] 王嵩. 沈阳市二氧化硫总量控制对策研究 [J]. 环境科学与管理,2012,(5):17-20.

## The Development of Sulfur Dioxide, Its Influential Factors and Control Measures in Guiyang from 1991 to 2010

MAO Zhu, WANG Hao

(Guizhou Environmental Monitoring Center, Guiyang Guizhou 550081 China)

**Abstract:** Based on the monitoring data of the sulfur dioxide in Guiyang from 1991 to 2010, we have evaluated and analyzed how it changed with different seasons, climatic conditions, precipitation and pH. The results show that the monitoring value of the sulfur dioxide was decreasing every year, and it met the Grade II requirements of the national environmental air standard. The measures are proposed to control and prevent the pollutant.

**Key words:** sulfur dioxide; change; trend; influential factor; control measure; Guiyang

# 保山市隆阳区城区尘污染发展趋势分析

杨鸿亮<sup>1</sup>, 李 羚<sup>2</sup>

(1. 保山市环境监测站, 云南 保山 678000; 2. 保山学院, 云南 保山 678000)

**摘要:** 目前影响保山市隆阳区城区环境空气质量的主要污染物是 PM<sub>10</sub> 和降尘。用一维灰色系统分析法分析 PM<sub>10</sub> 和降尘污染的发展趋势, 分别建立 PM<sub>10</sub> 和降尘在 2008—2011 年和 2009—2012 年两个时间段的预测模式 GM (1, 1)<sub>1</sub> 和 GM (1, 1)<sub>2</sub>。不论是 PM<sub>10</sub> 还是降尘, 都呈递增趋势, 且 GM (1, 1)<sub>2</sub> 的预测值和年增加量都远大于 GM (1, 1)<sub>1</sub>。GM (1, 1)<sub>1</sub> 与 GM (1, 1)<sub>2</sub> 的行为轨迹相差很大, 表明 PM<sub>10</sub> 和降尘的变化机制不稳定, 污染日趋加重。应从源头控制尘的产生, 并加强相关管理, 遏制尘污染快速上升趋势, 稳定和改善环境空气质量。

**关键词:** 尘污染; 发展趋势; 分析; 保山; 隆阳区

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0075-05

隆阳区是保山市政治、经济、文化的中心。城区面积 21.6 km<sup>2</sup>, 城市道路总长达 111.27 km, 人口近 30 万, 各种机动车辆近 8 万辆。近年来, 随着城镇化建设的加快, 尘污染现象随处可见, 环境的清洁卫生和空气质量都受到了不良的影响。不仅降低了居民生活的舒适度, 也对人体健康产生了一定的损害。本文对保山市隆阳区城区尘污染发展趋势进行分析, 以掌握其变化规律, 为隆阳区城区的建设和环境管理提供技术支持。

## 1 隆阳区城区环境空气质量分析

目前隆阳区城区大气监测的主要项目为 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 和降尘等。评价标准为国家《环境空气质量标准》(GB3095-1996) (见表 1)。降尘采用云南省推荐标准: 8 t / (km<sup>2</sup> · 月)。

表 1 环境空气质量标准 (GB3095-1996) (mg / Nm<sup>3</sup>)

污染物名称	取值时间	浓度限值		
		一级标准(I)	二级标准(II)	三级标准(III)
SO <sub>2</sub>	年平均	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
	1 小时平均	0.15	0.50	0.70
NO <sub>2</sub>	年平均	0.04	0.08	0.08
	日平均	0.08	0.12	0.12
	1 小时平均	0.12	0.24	0.24
TSP	年平均	0.08	0.20	0.30
	日平均	0.12	0.30	0.50
PM <sub>10</sub>	年平均	0.04	0.10	0.15
	日平均	0.05	0.15	0.25

对照标准, 2012 年隆阳区城区 SO<sub>2</sub> 日均浓度范围 0.001 ~ 0.069 mg / m<sup>3</sup>, 年日均浓度 0.020 mg / m<sup>3</sup>, 均未超过二级标准限值; NO<sub>2</sub> 日均浓度范围 0.001 ~ 0.038 mg / m<sup>3</sup>, 年日均浓度 0.017 mg / m<sup>3</sup>, 均未超过一级标准限值; PM<sub>10</sub> 日均浓度范围 0.010 ~ 0.123 mg / m<sup>3</sup>, 年日均浓度 0.055 mg / m<sup>3</sup>, 均未超过二级标准限值; 降尘月均浓度范围 5.5 ~ 14.9 t / (km<sup>2</sup> · 月), 年月均值 9.1 t / (km<sup>2</sup> · 月), 不但月均浓度有超过 8 t / (km<sup>2</sup> · 月) 标准的情况, 而且年月均值已超标。

由 2012 年各项目的年平均值监测数据和《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 中的二级标准、云南省推荐的降尘标准, 可计算出环境空气污染物污染负荷系数, 详见表 2。

表 2 隆阳区城区 2012 年环境空气污染物污染负荷系数

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	降尘
污染负荷系数/%	14.92	9.52	24.63	50.93
污染物排序	3	4	2	1

由表 2 可知, 污染负荷系数最大的是降尘, 其次是 PM<sub>10</sub>, 说明影响隆阳区城区环境空气质量的主要污染物是降尘和 PM<sub>10</sub>。无论降尘还是 PM<sub>10</sub> 都是尘污染指标, 因此可以说隆阳区城区环境空气为明显的尘污染。

2008—2012 年隆阳区城区环境空气污染物年平均浓度见表 3, 由污染物年平均浓度作变化趋势图见图 1 ~ 图 4。由图可看出, 近五年隆阳区城区 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 浓度稳中有降, PM<sub>10</sub> 和降尘浓度呈

明显的上升趋势，特别是降尘在2012年增加得特别快。

表3 隆阳区城区环境空气污染物年平均浓度

	2008	2009	2010	2011	2012
二氧化硫/(mg/m <sup>3</sup> )	0.023	0.027	0.024	0.020	0.020
二氧化氮/(mg/m <sup>3</sup> )	0.022	0.017	0.024	0.019	0.017
PM <sub>10</sub> /(mg/m <sup>3</sup> )	0.045	0.051	0.050	0.051	0.055
降尘/(t/km <sup>2</sup> ·月)	4.31	3.95	5.47	5.28	9.10

## 2 隆阳区城区尘污染发展趋势分析

### 2.1 分析方法

本文采用一维灰色系统分析法进行分析<sup>[1]</sup>。该方法是先建立GM(1,1)预测模型，然后通过模型预测系统某行为特征量的发展变化，进而对系统的发展趋势进行分析。

GM(1,1)的建模步骤为：

(1) 收集原始数据列： $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ ；

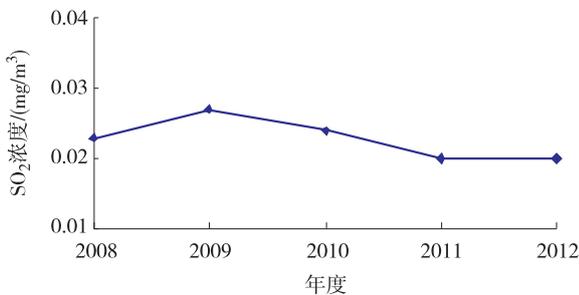


图1 SO<sub>2</sub>浓度变化趋势图

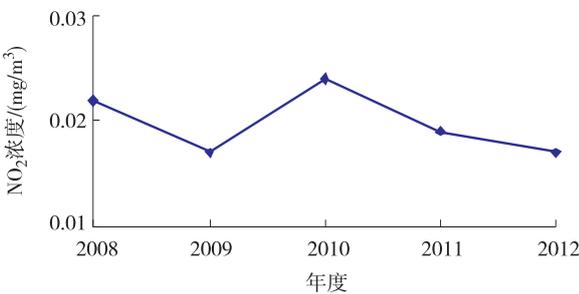


图2 NO<sub>2</sub>浓度变化趋势图

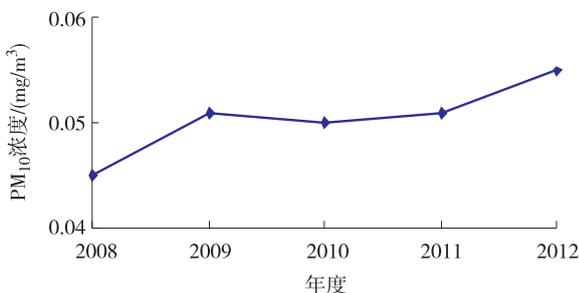


图3 PM<sub>10</sub>浓度变化趋势图

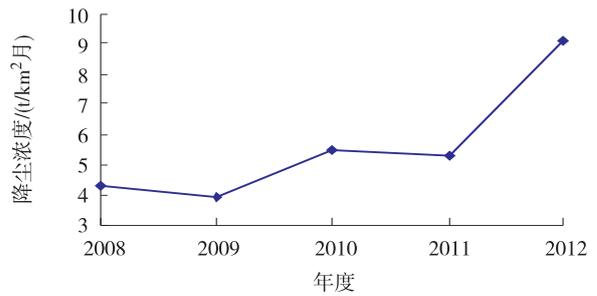


图4 降尘浓度变化趋势图

(2) 对  $x^{(0)}$  作累加生成 (即  $AGO x^{(0)}$ ), 得累加生成数据列:  $x^{(1)}(t) = \sum_{i=1}^t x^{(0)}(i), t = 1, 2, \dots, n$ ;

(3) 构建矩阵  $B, Y_N$ :

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} [X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2} [X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2} [X^{(1)}(t-1) + X^{(1)}(t)] & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Y_N = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

(4) 计算发展系数  $a$ , 灰作用量  $b$ :

$$[a, b]^T = [B^T B]^{-1} B^T Y_N \quad (3)$$

(5) 将求得的  $a, b$  值代入响应函数式:

$$\hat{x}^{(1)}(t) = [x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}] e^{-a(t-1)} + \frac{b}{a} \quad (4)$$

得预测累加值  $\hat{x}^{(1)}(t)$ 。

(6) 经累减还原后得时间响应预测数学模式:

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \hat{x}^{(1)}(t) - \hat{x}^{(1)}(t-1) \quad (5)$$

式(4)中, 灰作用量  $b$  的值反映系统内行为模式的变化, 发展系数  $a$  则反映发展的趋势。若  $a$  为正值, 则表示系统的发展趋势是递减,  $a$  值越大, 递减的速率越快; 若  $a$  为负值, 则表示系统的发展趋势是递增,  $|a|$  值越大, 递增速率越快。发展系数  $a$  与递增率或递减率  $Q$  之间的关系为:

$$Q = 1 - e^a \quad (6)$$

对于某个系统所给定的一个数列, 可按不同时间段取出子数列, 每个子数列都可以建立一个GM(1,1)模型。若各模型的行为轨迹相近, 则表明系统运行机制比较平稳。根据不同时间段的预测模

式，可分析系统的稳定性，评估系统的发展趋势，预测行为特征量的发展变化。

### 2.2 PM<sub>10</sub>污染趋势分析

用近五年即 2008—2012 年隆阳区城区 PM<sub>10</sub> 的年平均浓度值（见表 3），建立不同时间段的预测数学模式，发展系数  $a$  与灰作用量  $b$  见表 4。

表 4 不同时段 PM<sub>10</sub> 预测数学模式的发展系数与灰作用量

年份	发展系数	灰作用量
2008—2011	$a_1 = -9.00 \times 10^{-8}$	$b_1 = 0.0507$
2009—2012	$a_2 = -0.0484$	$b_2 = 0.0458$

由表 4 中的数据可看出，发展系数  $a$  虽均为负值，但  $a_1$  的绝对值很小，趋于零，说明 2008—

2011 年 PM<sub>10</sub> 浓度趋于平稳。而  $|a_1| \ll |a_2|$ ，说明 2009—2012 年 PM<sub>10</sub> 浓度增加的幅度较大。

由表 4 中的  $a, b$  值，可得不同时间段的预测模式，详见表 5。

表 5 不同时段 PM<sub>10</sub> 的预测模式

年份	预测模式
2008—2011	$\hat{x}_1^{(1)}(t) = 5.63 \times 10^5 e^{9.00 \times 10^{-8}(t-1)} - 5.63 \times 10^5$
2009—2012	$\hat{x}_2^{(1)}(t) = 0.997e^{0.0484(t-1)} - 0.946$

要了解 PM<sub>10</sub> 浓度变化机制的稳定性，需知道不同时段预测模式的行为轨迹。因此，分别求 GM (1, 1)<sub>1</sub> 和 GM (1, 1)<sub>2</sub> 于 2013—2017 年的预测值，见表 6。并作行为轨迹图 5。

表 6 不同时段 PM<sub>10</sub> 预测模式的行为轨迹

	(mg/m <sup>3</sup> )				
	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
GM (1, 1) <sub>1</sub> 的行为轨迹 $\hat{x}_1^{(0)}$	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
GM (1, 1) <sub>2</sub> 的行为轨迹 $\hat{x}_2^{(0)}$	0.057	0.060	0.063	0.066	0.069
$\hat{x}_1^{(0)}$ 与 $\hat{x}_2^{(0)}$ 的相对误差/%	10.5	15.0	19.0	22.7	22.6

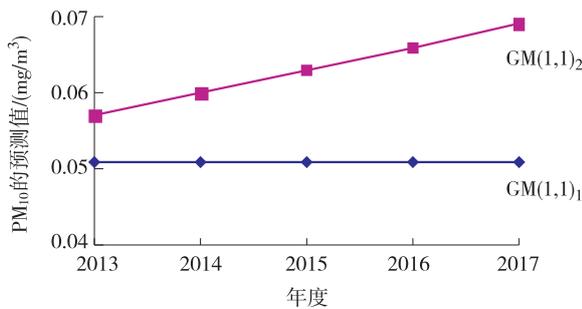


图 5 PM<sub>10</sub> 的 GM(1,1)<sub>1</sub> 与 GM(1,1)<sub>2</sub> 的行为轨迹

由图 5 可直观地看出，GM (1, 1)<sub>1</sub> 与 GM (1, 1)<sub>2</sub> 的行为轨迹相差较大。2013—2017 年，各年预测值的相对误差都较大，见表 6，说明 PM<sub>10</sub> 浓度的变化机制不稳定。两个模式的递增率分别为：

$$Q_1 = 1 - e^{a_1} = 1 - e^{-9.00 \times 10^{-8}} = 9 \times 10^{-6} \%$$

$$Q_2 = 1 - e^{a_2} = 1 - e^{-0.0484} = 4.7 \%$$

$Q_1$  很小，接近于零，表示 GM (1, 1)<sub>1</sub> 的年增加率趋于零，PM<sub>10</sub> 浓度基本保持不变。 $Q_2 > Q_1$ ，且  $Q_2$  的数值不算小，表示 GM (1, 1)<sub>2</sub> 的年增加率较大，若按此轨迹运行，2014 年 PM<sub>10</sub> 浓度将超过《环境空气质量标准 (GB3095 - 1996)》的二级标准。因此，需查找原因，防止 PM<sub>10</sub> 浓度以每年 4.7% 的速度递增，使其回到 GM (1, 1)<sub>1</sub> 的行

为轨迹上来。

### 2.3 降尘污染趋势分析

同样用 2008—2012 年隆阳区城区降尘的年平均浓度值（见表 3），建立不同时间段的预测数学模式，发展系数  $a$  与灰作用量  $b$  见表 7。

表 7 不同时段降尘预测数学模式的发展系数与灰作用量

年份	发展系数	灰作用量
2008—2011	$a_1 = -0.129$	$b_1 = 3.48$
2009—2012	$a_2 = -0.303$	$b_2 = 2.80$

发展系数  $a$  均为负值，说明降尘的量呈递增态势。

由  $a, b$  值，可得不同时段降尘的预测模式，详见表 8。

表 8 不同时段降尘的预测模式

年份	预测模式
2008—2011	$\hat{x}_1^{(1)}(t) = 31.17e^{0.129(t-1)} - 26.86$
2009—2012	$\hat{x}_2^{(1)}(t) = 13.19e^{0.303(t-1)} - 9.24$

要了解降尘变化机制的稳定性，需知道不同时段预测模式的行为轨迹。因此，分别求 GM (1, 1)<sub>1</sub> 和 GM (1, 1)<sub>2</sub> 于 2013—2017 年的预测值，见表 9。并作行为轨迹图 6。

由图 6 可看出，降尘的 GM (1, 1)<sub>1</sub> 与 GM

(1, 1)<sub>2</sub> 两个模式的行为轨迹相差非常大。2013—2017年, 各年预测值的相对误差最小为37.6%, 大的达到68.8%, 见表9, 说明降尘的变化机制极

不稳定。两个模式的递增率分别为:

$$Q_1 = 1 - e^{a_1} = 1 - e^{-0.129} = 12.1\%$$

$$Q_2 = 1 - e^{a_2} = 1 - e^{-0.303} = 26.1\%$$

表9 不同时段降尘预测模式的行为轨迹

	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
GM (1, 1) <sub>1</sub> 的行为轨迹 $\hat{x}_1^{(0)}$	7.23	8.23	9.36	10.65	12.12
GM (1, 1) <sub>2</sub> 的行为轨迹 $\hat{x}_2^{(0)}$	11.59	15.69	21.24	28.75	38.93
$\hat{x}_1^{(0)}$ 与 $\hat{x}_2^{(0)}$ 的相对误差/%	37.6	47.5	55.9	63.0	68.8

$Q_1$ 、 $Q_2$  的数值都比较大, 说明降尘的年增加量都很大, 而且  $Q_2$  是  $Q_1$  的 2.15 倍, 说明降尘的污染日趋严重, 按这种势头发展下去, 今后隆阳区城区的降尘将远远超出 8 t / (km<sup>2</sup> · 月) 的标准。

(1, 1)<sub>2</sub> 行为轨迹呈预测值大。根据调查, 呈快速递增态势的原因除 2009—2012 年的连续干旱外, 更主要的是城市建设工地和车辆的大量增加以及环境监管不到位等。

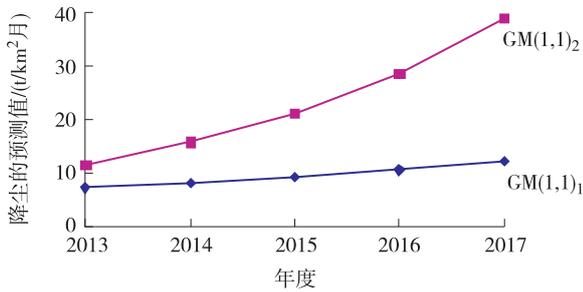


图5 降尘的GM(1,1)<sub>1</sub>与GM(1,1)<sub>2</sub>的行为轨迹

在质量优良的环境空气中生活是全体市民的愿望, 保证环境质量优良是政府的责任。改善环境空气质量的措施是人们共知的常识, 关键是必须认真落实相关措施才能达到我们的目的。根据以上分析, 现就改善隆阳区城区环境空气质量提出如下建议:

### 3 结语

首先应从源头上控制和减少尘的来源。就隆阳区城区环境空气尘污染的情况看, 城市建设施工是罪魁祸首。城市建设施工过程中, 从运输材料泼洒、道路损坏到工地施工, 无不产生大量灰土和扬尘。使得整个城市到处都是灰土, 在车辆行驶和有风条件下处处尘土飞扬, 从而造成环境空气质量的下降。因此, 城市建设施工单位严格执行施工环境保护措施是控制和减少尘的来源的关键。

2008—2012年 PM<sub>10</sub> 和降尘的年平均浓度值各构成一个数列, 从这两个数列中各取出两个时间段(2008—2011年和2009—2012年)的子数列, 建立预测模式。由2009—2012年监测数据建立起来的预测模式 GM (1, 1)<sub>2</sub> 与由2008—2011年监测数据建立起来的预测模式 GM (1, 1)<sub>1</sub> 比较, 不论是 PM<sub>10</sub> 还是降尘, GM (1, 1)<sub>2</sub> 的预测值和年增加量都远大于 GM (1, 1)<sub>1</sub>, 表明 PM<sub>10</sub> 和降尘的变化机制是不稳定的。GM (1, 1)<sub>1</sub> 表现出的尘污染增加趋势较为平缓, GM (1, 1)<sub>2</sub> 表现出的尘污染增加趋势较为猛烈。

其次, 应根据环境保护有关规定加强对城市建设施工工地及其运输车辆的管理。对不严格执行施工环境保护措施的施工单位实施从重经济处罚和勒令停止施工并辅以在旱季和降雨量稀少的季节对城市道路进行洒水降尘等措施, 遏制 PM<sub>10</sub> 和降尘快速递增的势头, 使隆阳区城区的尘污染得到有效的控制。

导致尘污染日趋严重的因素是自然灾害(地震、火灾等)、人类活动(如城市建设、汽车流量等)和异常气象条件等。回顾2008—2012年间, 在隆阳区城区周围均未发生过地震、火灾等自然灾害, 故使得 PM<sub>10</sub> 和降尘污染逐年递增的原因是人类活动和异常气象条件。而使得 PM<sub>10</sub> 和降尘的 GM

第三, 加强城市绿化, 减少城市裸土地表面积。充分利用绿色屏障作用抑制尘污染, 改善环境空气质量。

#### 参考文献:

[1] 王治祯, 柏景方. 灰色系统及模糊数学在环境保护中的应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.

## Dust Pollution and Its Development in Longyang District of Baoshan Municipality

YANG Hong-liang<sup>1</sup>, LI Ling<sup>2</sup>

(1. Baoshan Municipal Environmental Monitoring Station, Baoshan Yunnan 678000 China)

**Abstract:** PM<sub>10</sub> and dust are the major air pollutants in Longyang District of Baoshan. The one dimensional grey system was employed to analyze their development. The two separate prediction models of the two pollutants, that is GM (1, 1)<sub>1</sub> and GM (1, 1)<sub>2</sub>, were set up for different time periods of 2008 - 2011 and 2009 - 2012. Both pollutants kept increasing, and the prediction value and yearly increase of GM (1, 1)<sub>2</sub> was higher than that of GM (1, 1)<sub>1</sub>. The trajectories of the two model varied much, and this means the change patterns of the two pollutants were not stable. The dust source control needs to be enhanced to curb the growing dust pollution and improve the air quality.

**Key words:** dust pollution; development trend; analysis; Baoshan; Longyang District

## 《环境科学导刊》 征稿简则

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynhjkx@yies.org.cn；电话（传真）：0871 - 64142389；国内统一刊号：CN53 - 1205/X；国际标准刊号：ISSN1673 - 9655。

《环境科学导刊》是云南省环境保护厅主管，云南省环境科学研究院主办的学术类环境科技双月刊。刊物力求反映环境科学的研究成果、应用技术、新理论、新方法，活跃学术气氛，促进学术交流。《环境科学导刊》设置有科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等栏目。欢迎广大作者惠赐文稿。为使杂志严谨、规范，特对来稿作如下要求：

1. 文章论点明确，数据准确、可靠，文约字简，以8000字以内为宜；
2. 来稿应附有200字以内的中英文摘要、关键词和英文题目；
3. 稿件需留足够行距以备修改用，并附详细地址、邮编及联系电话或e-mail地址；
4. 文内标题序号、层次按国家统一标准用阿拉伯数字连续编号；
5. 严格按《中华人民共和国法定计量单位》标称，表达量值时一律使用国际符号；
6. 附图及图内文字、字母、数字等均清晰、规范；
7. 参考文献标注齐全。

来稿文责自负，本刊编辑可作必要删改，一经选用即酌付稿酬，并赠当期刊物两本。因人力有限，来稿未录用恕不退还，1个月内未收到录用通知，作者可另行处理。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编，同时在我刊网站 Http://hjkxdk.yies.org.cn 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

# 微生物法治理室内空气污染的可行性探讨

霍亚硕, 王敏, 李阳阳

(郑州大学水利与环境学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**介绍了我国室内空气中主要污染物的来源及特点,探讨了微生物法在室内空气污染治理上的可行性,分析了微生物法的实际应用所需要突破的技术问题。

**关键词:**室内空气污染物;微生物处理;可行性;探讨

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0080-03

近几年随着我国在环保领域研究的不断推进,室内空气污染逐渐被提出并开始引起人们重视。据中国标准化协会调查显示:60%的疾病是由室内空气污染造成的,室内空气污染程度高出室外5~10倍,而人们每天大约有80%~90%的时间是在室内度过的。<sup>[1]</sup>因此室内空气的质量将对人们的健康产生重大的影响。

## 1 室内空气主要污染物的来源及目前的治理方法

### 1.1 室内空气主要污染物来源

室内空气污染物来源广泛,主要可分为以下三类:人类活动(诸如抽烟、聚会等);建筑及装饰材料的化学物质外放;室外空气污染。由此所带来的污染物种类繁多,目前仅是气态化学污染物就已检测出200余种<sup>[1]</sup>。本文将重点介绍由苯、甲醛所引起的室内空气污染及其利用微生物处理的可行性分析。苯、甲醛目前被界定为对人类健康影响最大的室内污染物之一,它们主要是由于建筑和装修材料中化学物质外放造成的。

### 1.2 现有的室内空气污染治理办法

目前我国在室内空气污染上并没有较为有效地处理方法,主要以预防为主。如对室内装修材料及建筑材料中的甲醛、苯、甲苯、二甲苯和氨、可溶性铅、镉、铬、汞和砷等有害物质的含量进行明确限定。其次通过室内通风,使得室内污染物得到稀释,减少对人们的危害。但据调查显示,有机污染物的存在周期十分长,如:甲醛的释放时间就可长达3~15a<sup>[2]</sup>。故仅通过室内通风无法进行有效去除。再次可通过物理、化学吸附的方法来对室内空气污染物进行去除,其中活性炭是最常用的吸附剂。活性炭虽然具有成本低廉,无毒无副作用的优点,但是见效较慢,另外吸附达到饱和便不再具有

吸附能力,必须要更换过滤材料,否则其所吸附的甲醛、苯等有害物质会随时释放出来<sup>[3]</sup>。因此这种方法在长期处理室内空气污染时缺陷较大。同这些传统的室内空气污染治理技术相比,微生物法以其对废气极高的处理效率、较低的投资及运行费用、易于管理等优点,引起专家学者的广泛关注。

## 2 微生物治理室内空气污染苯、甲醛的原理特点及可行性

### 2.1 微生物治理空气污染的原理及特点

在国际上,利用生化法处理废气的机理尚未有统一的理论。但在世界上公认影响较大的是荷兰学者 Ottengraf<sup>[4]</sup>依据传统的双膜理论所提出的生物膜理论,其认为生化法处理废气通常经历以下3个过程。

(1) 首先废气中的有机污染物与水接触,并溶解于水中,完成由气膜扩散进入液膜的过程。

(2) 有机污染物组分溶解于液膜后,在浓度差的推动下进一步扩散到生物膜,被微生物所吸附。

(3) 微生物利用有机物进行分解代谢和合成代谢,生成的代谢产物一部分进入液相,一部分合成细胞物质或细胞代谢能源,另外,生成的气体如CO<sub>2</sub>等则析出进入空气<sup>[5]</sup>。

废气中的有机污染物在上述过程中不断减少,进而得到净化。由于微生物种类繁多,代谢途径多样,因此几乎能够转化所有有机污染物和一些无机污染物,潜力巨大。

利用微生物治理废气具有以下优点:

(1) 对低浓度的有机废气具有很高的降解效率,如程足芬<sup>[6]</sup>等人经实验证实,在低浓度甲醛范围内,生物膜填料塔的净化效率极高,基本上能够接近100%。

(2) 相对于物理、化学技术处理废气, 利用微生物处理废气的投资及运行费用低;

(3) 安全性好、无二次污染、易于管理;

(4) 具有较好的抗冲击负荷能力、净化反应速度快;

(5) 菌种资源的获取相对容易且具有可再生性。

## 2.2 利用微生物治理室内苯、甲醛的可行性分析

目前利用微生物处理废气主要应用于工业, 并且关键技术已经成熟。在工业上主要的微生物处理设备分为三种, 依次是生物过滤床、生物洗涤床以及生物滴滤床。三者在处理苯、甲醛等污染物的过程中所使用的方式不同, 但在适宜的条件下均具有较高的去除效率。在国外 Smith<sup>[7]</sup> 等采用生物过滤床对甲苯废气进行处理, 处理效率达 77%, 而持续时间可达 200d。而我国李国文<sup>[7]</sup> 等选取柱状活性炭为滤料, 以甲苯为有机废气代表物, 采用生物过滤床处理。试验表明, 在温度 20 ~ 28℃, 气体流量 0.125 ~ 0.15m<sup>3</sup>/h, 空塔气速 0.17 ~ 3.15cm/s, 停留时间 30 ~ 80s, 相对湿度 40% ~ 60%, 喷淋液 pH = 7.0 ~ 8.0 的条件下, 生物过滤床对甲苯有较强降解能力, 在甲苯浓度低于 2000mg/m<sup>3</sup> 时, 降解效率均 > 95%。

同时, 微生物对甲醛的降解能力也十分可观, 伏尔加河顿河木材综合加工厂采用生物滤池法净化甲醛废气的研究表明<sup>[8]</sup>, 当气体废弃物中甲醛的平均浓度为 22.82mg/m<sup>3</sup>, 甲醛的平均去净化率为 82.7%。Luknan<sup>[8]</sup> 等人采用预先驯化好的活性污泥对甲醛气体进行净化, 当入口甲醛浓度 < 56mg/m<sup>3</sup> 时, 甲醛的净化效率可达到 95% ~ 99%。

由此可看出, 在工业上利用微生物降解苯、甲醛等污染物的技术已经非常成熟且处理效率非常高。而室内空气污染相对于工业废气具有以下特点:

(1) 污染物浓度较低, 多以微量和痕量的形式存在;

(2) 所需设备功率、尺寸小;

(3) 室内不允许产生二次污染、污染物含量更为复杂;

(4) 室内污染物的含量随时间发生较大变化, 不利于设备稳定运行。

通过上述比对发现, 虽然室内空气污染与工业废气污染有较大的差异, 甚至可能会影响到设备的正常运作, 但是这些差异主要来自物理方面, 即设

备功率、尺寸、运行环境等的差异。在原理方面两者基本保持一致, 从微生物处理废气的特点来看, 利用微生物处理室内空气污染甚至要优于对工业废气的处理。室内废气的低浓度、温和及较为稳定的处理环境都为微生物处理室内空气污染创造了有利的条件。

目前有关专家已经进行了一系列实验来证明利用微生物处理室内空气污染的可行性。

齐瑞颖<sup>[8]</sup> 等人采用海藻酸钙凝胶小球包埋恶臭假单胞菌与填料结合的方式制成生物过滤器。以此来对微生物处理室内空气中的甲醛情况进行探究。实验通过控制液体喷淋量、入口空气甲醛浓度和空气流量等不同工况, 对生物过滤器的甲醛去除效率和微生物的生化去除量进行分析。得出在空气流量 1.5L/min, 入口甲醛浓度 0.8mg/m<sup>3</sup>, 液体喷淋量 34ml/h 的实验条件下, 微生物对甲醛的去除效率可达 86% ~ 91%, 生化去除量约为 1.62 ~ 1.75mg/d。在循环流量约 25L/min 的条件下, 实验用生物过滤器可在 9h 内将实验舱内甲醛浓度超出国家标准 10 倍的空气净化到室内要求限以内。同时赵以轩<sup>[9]</sup> 等人通过实验证明, 室内的温度条件对微生物的净化效率影响并不大, 当气温在 30℃ 左右时系统的净化性能最好, 平均效率高于 90%。当温度升高或降低后, 净化效率略有下降, 但基本可保持在 75% ~ 80% 的可接受范围内。

据目前最新资料显示, 某些植物对甲醛和苯也具有较好的吸收能力, 如在密闭箱测试中, 常春藤 10d 的甲醛去除率达到 60.44%, 超过采用活性炭的去除率 (57.50%)<sup>[10]</sup>。我国科学家赵玉峰<sup>[11]</sup> 教授通过实验证明, 绿色植物对室内有害物质的净化性能主要基于根部, 因为植物根部和土壤会繁殖很多微生物, 它们将污染物吸收, 并转化为自身需要的养分, 使植物自身更好地生长。这进一步证实了微生物在室内空气净化中所发挥的巨大作用。

## 3 将微生物处理废气应用至室内需要突破的几个技术性问题

### 3.1 设备研发

目前现有的处理设施尺寸较大, 不适宜在室内等小空间内使用, 因此需要保证在处理效率不变的情况下尽可能地缩小其尺寸, 同时研发自动控制系统, 布水、布气系统, 以使微生物处理废气设施能够自动化、标准化。

### 3.2 微生物的选择

在原有菌种的基础上通过营造与室内环境相适

宜的生长条件,筛选出能高效降解各种有害气体的优势菌种,从而缩短反应启动时间,加快生物反应进程,缩小产品尺寸,提高处理效率。

### 3.3 微生物的控制

在利用微生物处理室内废气的过程中,选用对人类无害或危害性小的微生物并严格控制其生存活动范围,以免造成室内微生物污染。

### 3.4 微生物产物的处理

微生物在处理废气过程中会产生一定的废弃物,如自身代谢的产物(酸、碱、有机沉淀等)以及由于微生物死亡和空气中的粉尘所产生的废弃物,如不进行有效处理,将会对设备造成堵塞及腐蚀,影响设备的正常运作。

### 3.5 微生物群落分布的研究

在处理废水的活性污泥中,生物群落的分布从表到里依次为好氧菌层、兼性好氧菌层和厌氧菌层,这使微生物对有机污染物的净化作用得以全面发挥,工作效率得到提升。因此,在处理室内空气污染的设备中,使微生物能够如此分布将会对设备效率的提升有很大帮助。

## 4 结语

自20世纪80年代初荷兰和德国科学家将生物技术应用于有机废气净化且取得良好效果以来,用生物技术来净化和处理废气已成为热点研究课题。在工业上,国外已广泛利用生物过滤技术来处理低浓度、高流量的挥发性有机污染物和臭味气体。由

于其具有较好的抗冲击负荷能力、净化反应速度快、气体停留时间短、无二次污染等优点,使得利用微生物处理室内空气污染存在着广阔的前景,相信在科研工作者的不断努力下利用微生物净化室内空气将会成为现实。

#### 参考文献:

- [1] 崔箫,李彩亭,李珊红,等. 室内空气污染的控制前景 [J]. 环境卫生工程, 2005, 13 (2).
- [2] 潘晓英,陆哉堂. 室内空气污染现状及其防治对策 [J]. 污染防治技术, 2003, 16 (1): 32.
- [3] 刘慧娟. 室内空气污染治理方法分析 [J]. 科技向导, 2012, (3): 252.
- [4] S P P Ottengraf, A H C Van Den Oever. Kinetics of Organic Compound Removal from Waste Gases with a Biological Filter [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1983, XXV: 3089 - 3102.
- [5] 李建政. 环境工程微生物学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 262 - 263.
- [6] 程足芬. 生物法处理低浓度甲醛 [D]. 北京: 北京化工大学, 2009: 51.
- [7] 安莹玉,张兴文,杨凤林. 有机废气生物处理技术现状与展望 [J]. 四川环境, 2006, 25 (1).
- [8] 齐瑞颖. 微生物降解室内甲醛污染物的理论与实验研究 [D]. 天津: 天津大学环境科学与工程学院, 2008.
- [9] 赵以轩. 微生物降解室内气态化学污染物的理论与实验研究 [D]. 天津: 天津大学环境科学与工程学院, 2010: 53.
- [10] 黎明,曾炜. 采用植物材料去除室内甲醛等有机物污染 [J]. 南方农业, 2012, 6 (6): 13.
- [11] 陈玉娇. 绿色植物对室内有害物质的净化及实际应用研究 [J]. 现代装饰 (理论), 2012, (4): 180.

## The Feasibility of Using the Microbiological Method to Control Indoor Air Pollution

HUO Ya-qi , WANG Min , LI Yang-yang

(Water Resources and Environment College of Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450001 China)

**Abstract:** In this paper, the sources and characteristics of the indoor air pollutants are introduced. The feasibility of the microbiological method to control indoor air pollution are discussed, and the technical problems to be broken through are analyzed.

**Key words:** indoor air pollution; microbial treatment; feasibility; discussion

# 湿地植物对郊区污水中氨氮净化效果的研究

李宝华, 邢玉亮, 陈 静, 程 辉, 张 茜, 于俊萍

(郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001)

**摘 要:** 采用实验模拟潜流式人工湿地的方法, 通过测定污水中的氨氮指标, 研究芦苇、香蒲对污水的净化效果。结果表明: 单种芦苇、单种香蒲及芦苇香蒲交叉种植对氨氮的去除率分别为 84.45%、72.77%、72.10%。

**关键词:** 人工湿地; 湿地植物; 氨氮; 净化效果

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0083-02

城市郊区是地区经济的增长点, 是发展经济最具活力的地带, 却是水环境管理力量薄弱的环节, 水处理设施不能及时跟上城市发展的进程, 郊区中小河流便成为未处理污水直接接纳体。由于中小河流数目庞杂、河道狭窄, 大多成为环保部门水质监测的盲点, 因而污染问题日益严重。中小河流的污染不仅影响郊区人们的生活品质, 还将直接危及大型水系生态。人工湿地作为一种新兴的污水净化技术, 由于其净化效果好、能耗低、运行费用低、维护简单等优点, 近年来得到广泛应用<sup>[1]</sup>。本研究的目的是以人工湿地处理郊区污水中的氨氮为例, 提出人工湿地改善郊区中小河流水质的初步设想。

## 1 试验概况

### 1.1 植物材料

试验采用的芦苇 (*Phragmites australis*) 和香蒲 (*Typha orientalis*) 是 2 种常见的用于生态修复的湿地植物。其中, 芦苇、香蒲均取自郑州黄河国家湿地公园育苗基地。

### 1.2 试验模型的建立

本试验采用有机玻璃板胶合制成 4 个潜流式人工湿地实验池模型, 编号为 1 号、2 号、3 号、4 号。实验池为长 80cm、宽 50cm、高 60cm 的长方体模型。装置的底层填装 10cm 厚的鹅卵石 (粒径 30~50mm), 中间层填装 10cm 厚的砾石 (粒径 10~20mm), 上层铺 15cm 厚的砂 (粒径 0~5mm) 作为基质。距基质 5cm 处, 距实验池底部 40、35 和 5cm 处分别设标线、进水管管口, 人工湿地实验池模型结构见图 1。

### 1.3 试验方法

人为选择生长健壮, 株型大小和生物量接近的

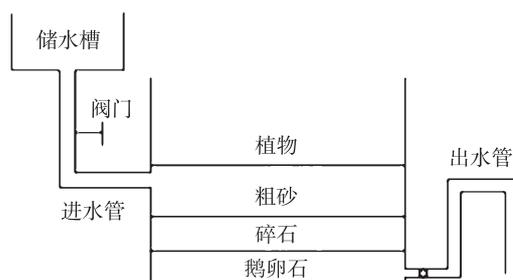


图1 潜流式人工湿地实验池模型结构示意图

植株移栽到实验池。1 号种植芦苇, 2 号种植香蒲, 3 号交叉种植芦苇和香蒲, 4 号实验池做空白对照, 其中 1、2、3 号的种植密度均为 40 株/m<sup>2</sup>。在清水中培养 14d, 使植物适应新环境, 保证其生长条件与生长状况基本一致。排尽清水。将污水注入储水槽, 缓慢调节进水阀使 4 个实验池水面刚好与标线平行, 保持负荷稳定, 封闭排水管。

### 1.4 进水水源与水质表征值

试验用水取自郑州市高新技术开发区西郊的西连河, 一次性取水, 水质表征值见表 1。

表 1 试验用水

温度/°C	pH	COD / (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N / (mg/L)
20~25	7.0~7.5	38~82	2.92~3.50

### 1.5 采样及测定方法

试验采样位置分别位于进水管口和出水管口, 平均每天采一次样, 每份样品分别做 3 份平行实验。氨氮测定采用纳氏试剂分光光度法。采用格鲁布斯 (Grubbs) 法检验进水氨氮测量值的一致性, 剔除测量值中的离群值。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物在污水中的生长情况

大部分植株在试验期间一直生长旺盛, 每株植

物都长出新叶，植物根系生长良好，尤其以香蒲最为突出，地下根系异常发达。芦苇长势欠佳，老叶出现叶片变黄的症状。植物生存状况间接反映了植物的耐污力。在新的生存条件下，芦苇、香蒲仍能不同程度地生存繁衍。除了植物的表观特征，评价植株的健康状况也可用植物的相对生长率(RGR)。本试验时间较短(12d)，可忽略根系生物量增长，但在实验池3中香蒲长势与池2香蒲没有明显差异，但池3中芦苇出现萎靡、叶黄的程度远大于池1芦苇，相对生长率低于池1芦苇。

### 2.2 人工湿地对氨氮的处理效果

植物系统中的氨氮主要通过以下途径降解：①植物直接吸收合成自身所需物质；②基质中氧浓度高的区域，如根系处，氨氮被好养硝化细菌硝化；③基质中氧浓度较低的区域，则主要被反硝化成氮气释放。而在空白对照中，氨氮主要通过微生物的硝化和反硝化作用去除。

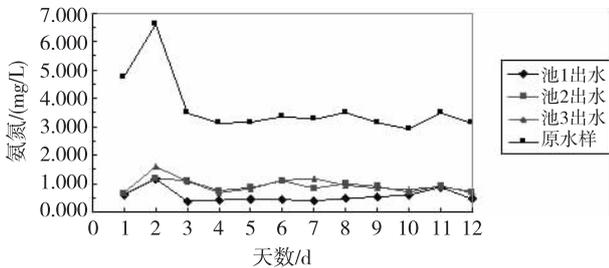


图2 人工湿地进出水氨氮浓度对比

图1显示在保持进水量相对稳定的状态下，出水的氨氮含量远小于进水中氨氮的含量，氨氮被大幅度地削减。湿地系统对氨氮的去除效果显著。由表2可知，实验池1、2、3的植物系统对氨氮的去除率均显著高于无植物系统池4 ( $P < 0.05$ )。植物存在的系统中，对污水中氨氮的去除率可达72%

以上，芦苇处理效果最好，这与金晖等<sup>[2]</sup>研究一致。池3交叉种植芦苇香蒲系统出水的氨氮值高于池1单种芦苇和池2单种香蒲的植物系统，这可能与交叉种植的密度、搭配方式有关，还可能是由于芦苇香蒲之间存在竞争关系或者异生相克造成的。

表2 人工湿地氨氮处理效率

编号	进水平均浓度 / (mg/L)	出水平均浓度 / (mg/L)	去除效率/%
1号池	3.254	0.506	84.45
2号池		0.886	72.77
3号池		0.908	72.10
4号池		1.210	62.81

### 3 结论

(1) 种植植物的实验池对氨氮的降解作用明显好于没有种植植物的对照装置，植物的3种植方式都有去除氨氮的作用，芦苇的去除效率最高。

(2) 植物的耐污能力体现在环境变化时所表现出来的抗性<sup>[3]</sup>。在实验期间，植物有枯死的现象，但到实验结束时，植物都能很好地继续生长。这说明这些水生植物都有一定的耐污能力。

(3) 该实验为短期的小试实验，旨在观察不同的植物对污染物去除能力。在研究人工湿地处理郊区中小河流污水的实际运行效果时，还需重点考虑植物生长周期、组合方式、经济价值及其景观效果等因素。

#### 参考文献:

[1] 沈耀良, 王宝贞. 废水生物处理新技术——理论与应用 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 26-292.  
 [2] 金晖, 梁文艳, 李俊清. 人工湿地植物对污水的处理效果研究 [J]. 山西农业科学, 2012, 40 (2): 136-139.  
 [3] 弋舒显, 万红友. 人工湿地植物及其去污效果研究进展 [J]. 环境保护科学, 2012, 38 (1).

## Purification of Ammonia Nitrogen in the Suburb Wastewater by Wetland Plants

LI Bao-hua, XING Yu-liang, CHEN Jing, CHENG Hui, ZHANG Qian, YU Jun-ping

(Water Resources and Environment College of Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450001 China)

**Abstract:** The effect of the reed and cattail plants in purifying the wastewater was studied through the experimental simulation of the subsurface constructed wetland and determination of the ammonia nitrogen indicators in the wastewater. The results show that the single reed plantation, single cattail plantation and the combination of the two plants could remove the ammonia nitrogen respectively by 84.45%, 72.77% and 72.10%.

**Key words:** constructed wetland; wetland plants; ammonia nitrogen; purification effect

# 次氯酸钠吸收磷化氢尾气的实验研究

丁祖高

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:**为处理次磷酸钠生产过程中产生的磷化氢尾气, 利用次氯酸钠氧化性对其进行吸收, 将其转化为次磷酸钠, 提高磷资源的回收利用率, 降低对环境空气的影响。通过实验研究, 分析影响其吸收效果的因子, 重点研究了有效氯浓度和 pH 值对吸收效果的影响。实验结果表明: 当载气流速为 20ml/min, 吸收温度为室温 (20℃左右) 时, 以 pH=9, 浓度分别为 0.75%、7% 的次氯酸钠溶液作为一、二级吸收管的吸收液, 吸收效果较好, 次磷酸钠得率较高。

**关键词:** 磷化氢; 次氯酸钠; 吸收; 次磷酸钠

**中图分类号:** X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0085-04

研究表明, 在次磷酸钠的工业生产过程中, 无论采用何种方法均会产生磷化氢。磷化氢是有毒气体, 易对人体产生危害, 因此次磷酸钠的生产过程中必须考虑对其进行无害化处理。随着科学技术的不断发展, 前人总结出不少处理方法, 在降低磷化氢危害的同时, 也为工业生产创造了不错的经济效益<sup>[1]</sup>。考虑到磷化氢为还原性气体, 而次氯酸钠具备强氧化性, 可较好地通过氧化还原反应将磷化氢转化为次磷酸钠, 进而提升次磷酸钠的转化率, 降低磷化氢对大气环境以及人体健康的影响。本实验采用泥磷制取次磷酸钠, 尾气成分除含大量磷化氢外, 还含有其他复杂成分, 结合实际情况, 以载气流速、吸收温度、吸收剂 pH 值和有效氯浓度为因子, 研究其对吸收效果的影响。

## 1 实验仪器、原料及方法

### 1.1 实验仪器

本实验所用仪器装置如表 1 所示。

表 1 反应仪器及装置

名称	型号	规格
电热套	数显式	1000ml
搅拌器	电动式	—
烧瓶	自制, 四口	1000ml
流量计	LZB-2	最大 60ml/min

### 1.2 实验原料

本实验所用原料基本情况如表 2 所示。

### 1.3 实验方法

以泥磷为原料, 辅以水和氢氧化钠, 在加热至

设定温度的情况下, 不断搅拌使之完全混合反应, 反应液经除杂、过滤、结晶等工序得到次磷酸钠晶体。反应过程中产生大量气体, 主要成分为磷化氢, 属易燃有毒气体, 经缓冲、洗气除杂、吸收和吸附等工序后排放。其中洗气液采用浓磷酸, 大量杂质残留在洗气瓶中; 吸收液采用次氯酸钠溶液, 根据吸收效果需要, 采用分级吸收方式; 吸附剂采用改性后的活性炭, 主要目的是防止实验过程因磷化氢浓度波动较大造成环境污染和实验安全事故。

表 2 实验试剂

名称	级别	产地
泥磷	—	云南省昆阳磷肥厂
氢氧化钠	分析纯	天津风船化学试剂科技有限公司
次氯酸钠	分析纯	天津风船化学试剂科技有限公司
工业普氮	N <sub>2</sub> ≥ 99.5%	昆明梅赛尔气体产品有限公司

由于高浓度次氯酸钠溶液稳定性较差, 遇光、高温等易分解, 在实验过程中效果较差, 因此本实验最终将高浓度次氯酸钠溶液稀释一定倍数后使用, 以尽量降低因次氯酸钠分解而对实验结果造成的误差。

本实验流程如图 1 所示。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 载气流速

根据实验室多次试验, 载气流速过高或过低均不利于提高吸收效果。氮气流速过低, 动力不足, 反应气体不易进入后续装置, 导致反应器压力过大, 易造成爆瓶事故, 且因处理时间延长, 后端实验试剂有效组分大量挥发, 吸收氧化效果较差。氮气流速过高, 降低反应器反应温度, 使得泥磷与氢氧化钠反应不完全, 磷化氢释放量减少, 且由于气

量过大，气体与洗气液、吸收液接触时间减少，反应过程不完全，吸收效果也较差，而载气流速过

大，易使反应末端因压力降低造成液体倒流、前端压力过大易造成漏气等实验现象。

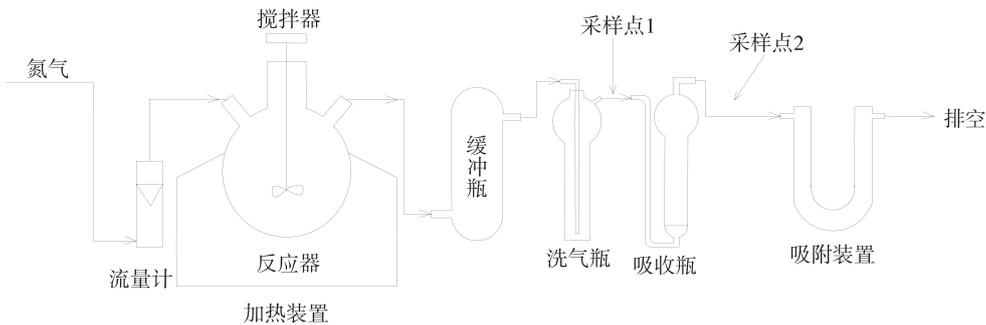


图1 实验流程图

因此通过多次试验，最终将适宜的氮气载气速度设定在 20ml/min 左右。

### 2.2 吸收温度

由于次氯酸钠稳定性较差，遇到强光、高温、强酸等均易分解，因此最终将适宜的吸收温度定为室温<sup>[2]</sup>（20℃左右）。

### 2.3 有效氯浓度

由于次氯酸钠易分解，有效氯成为衡量次氯酸钠氧化性能的主要指标。有效氯不同于质量分数，它表征的是次氯酸钠溶液的氧化能力相当于多少氯的氧化能力，即一定量的次氯酸钠溶液在反应完全时，氧化能力相当于多少质量的氯气的氧化能力<sup>[2]</sup>。另据相关研究表明<sup>[3]</sup>：有效氯的质量分数低于 8% 时，次氯酸钠的分解速度明显减慢。因此本实验选用的次氯酸钠溶液中有效氯浓度均 < 8%。

### 2.4 pH 值和有效氯浓度组合

#### 2.4.1 不同有效氯浓度不同 pH 条件

由于次氯酸钠不稳定，pH 值对其有效氯含量影响较大，酸性条件下分解较快，碱性条件下相对稳定，因此本实验最终选取 pH 值分别为 9（弱碱）和 13（强碱）的条件下进行对比试验。对于有效氯浓度，本实验分别选取不同的浓度进行对比分析，如前所述，由于有效氯质量分数在低于 8%

时，其稳定性相对较强，因此本实验最终选取的有效氯浓度分别为 0.75%、1%、3%、5%、7%，合计五个水平。

在 pH 值分别选取 9 和 13，有效氯浓度分别选取 0.75%、1%、3%、5%、7% 的情况下，对次氯酸钠吸收磷化氢尾气的多个组合实验效果进行重点研究。

研究结果的表征以不同浓度、不同 pH 条件下磷化氢的瞬时吸收率为重点，定时检测磷化氢进出口浓度，计算出瞬时磷化氢吸收率，研究结果如图 2 ~ 图 6 所示。磷化氢瞬间吸收率<sup>[2]</sup>由下式得出：

$$\text{磷化氢吸收率} = \frac{\text{吸收前磷化氢浓度} - \text{吸收后磷化氢浓度}}{\text{吸收前磷化氢浓度}}$$

从图中可以看出，不同有效氯浓度、不同 pH 值实验条件下，实验一开始的磷化氢吸收率均较高，这与同期磷化氢进口浓度较高有关系，随着反应时间的不断延长，吸收效率不断降低，最终以降低到 10% 为实验结束。而从整体吸收效果来看，pH 值为 9 的弱碱条件下，磷化氢的吸收效果整体好于同期强碱条件下，吸收效果较好的持续时间较长。在弱碱条件下，浓度较低的吸收液中磷化氢与次氯酸钠的反应速度较快，但这种快速反应的过程持续时间相对较短，浓度较高的吸收液中二者反应速度相对较慢，但反应时间持续较长。

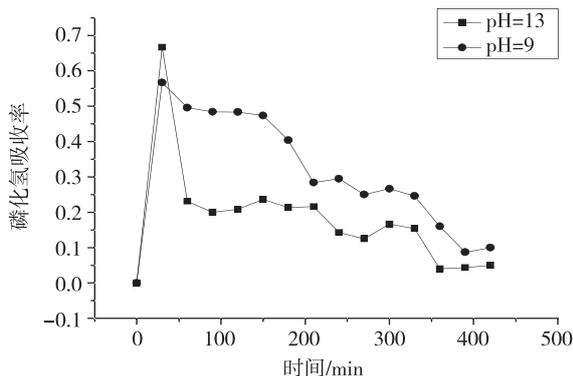


图2 0.75%的次氯酸钠溶液吸收效果

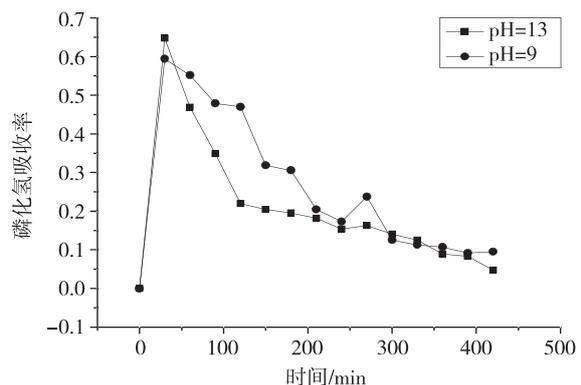


图3 1%的次氯酸钠溶液吸收效果

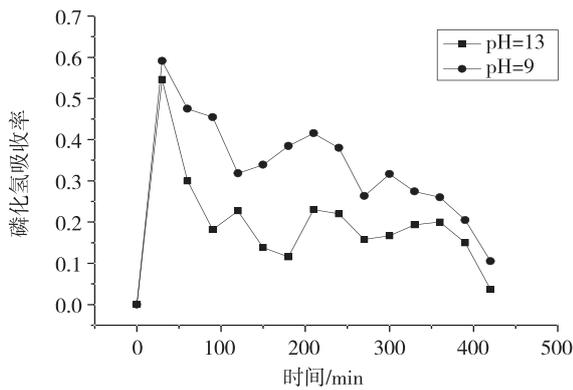


图4 3%的次氯酸钠溶液吸收效果

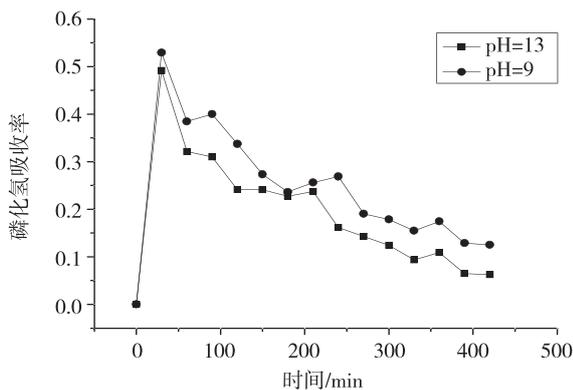


图5 5%的次氯酸钠溶液吸收效果

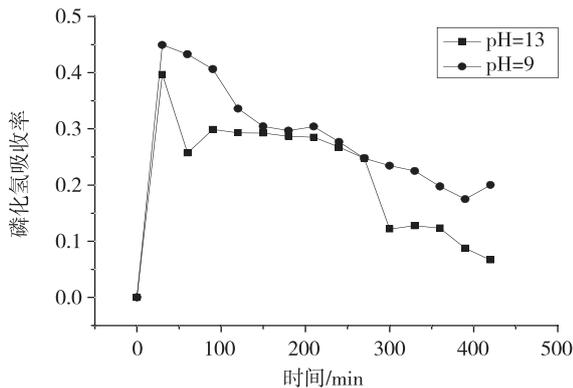


图6 7%的次氯酸钠溶液吸收效果

2.4.2 弱碱条件

吸收液次氯酸钠溶液的 pH 为 9 时，不同有效氯浓度情况下磷化氢被吸收的效果如表 3 所示。

表 3 弱碱条件下不同有效氯浓度次氯酸钠溶液吸收效果

有效氯浓度/%	每 100ml 吸收液中次磷酸钠含量/(mg)	磷化氢转化率/%
0.75	1060	38.75
1	1003.4	36.68
3	960.9	35.12
5	919.3	33.60
7	878.6	32.11

从图 2 ~ 图 6 以及表 3 的实验结果可以看出在 pH 为 9 的条件下，有效氯浓度较低的吸收液对磷化氢的吸收氧化效果更好，从反应速度来看，也快于高浓度的次氯酸钠溶液，但这种高速反应的过程持续时间不长，为保持这种反应过程，需要不断补充新鲜的次氯酸钠溶液。且由于吸收环境为弱碱性，随着反应的不进行，氢氧根离子不断被消耗，造成弱碱性环境被破坏，为不影响吸收效率，需要补充氢氧化钠溶液维持 pH 值的稳定性。

2.4.3 强碱条件

吸收液次氯酸钠溶液的 pH 为 13 时，不同有效氯浓度情况下磷化氢被吸收的效果如表 4 所示。

表 4 强碱条件下不同有效氯浓度次氯酸钠溶液吸收效果

有效氯浓度/%	每 100ml 吸收液中次磷酸钠含量/(mg)	磷化氢转化率/%
0.75	496.5	18.15
1	530.6	19.39
3	573.5	20.96
5	620.2	22.67
7	720.3	26.33

从表 4 的实验结果看，pH 为 13 的条件下，实验效果与 pH 为 9 的截然不同，有效氯浓度较高的吸收液对磷化氢的吸收氧化效果反而更好，磷化氢的转化率与有效氯浓度成正比关系。但从转化效率来看，pH 为 13 的条件下，转化率明显低于 pH 为 9 时的实验结果。结合图 2 ~ 图 6 所示的瞬时吸收效果来看，有效氯浓度较低的吸收液吸收效果在反应初期高于弱碱条件下，但持续时间较短，吸收容量较低；有效氯浓度较高的吸收液吸收效果变化情况与弱碱条件基本一致，但吸收容量降低了 10% ~ 20%。

结合实验结果推断：造成此种现象的原因主要是在强碱条件下，吸收液次氯酸钠在反应初期能够产生一定量的氧原子，对加快反应速度有利，而随着反应的不进行，氧原子不断被消耗，且在强碱条件下无法补充，导致反应速度降低，最终致使吸收液的整体吸收容量下降。

3 实验结论

(1) 当氮气的流速控制在 20ml/min，吸收液的吸收温度控制在室温 (20℃ 左右) 时，次氯酸钠对磷化氢的吸收效果较好。

(2) 在 pH 为 9 的条件下，次氯酸钠溶液对磷化氢的吸收效果较好。

(3) 吸收液次氯酸钠有效氯浓度为 0.75% 时，

前期反应速度较快,但持久性不长;有效氯浓度为7%时,前期反应速度较慢,但持久性较长。

综上所述,在氮气载气流速20ml/min、吸收温度20℃左右时,将吸收液pH值控制在9左右,选用有效氯浓度分别为0.75%、7%的次氯酸钠溶液作为一、二级吸收管的吸收液,可取得较好的吸收效果。

#### 4 建议

(1) 受实验条件的限制,磷化氢气体的浓度波动较大,下一步应设计合理规模的储气罐,调节磷化氢浓度,进一步降低实验误差。

(2) 实验过程中采用浓磷酸作为吸收实验前的洗气除杂试剂,除去的杂质经过滤后暂时水封保存,下一步应对杂质成分进行分析,确定后期处置方式。

#### 参考文献:

- [1] 程建忠. 次磷酸钠生产过程中磷化氢尾气处理技术的研究[J]. 南开大学学报(自然科学), 2001, 34(2).
- [2] 胡若鹏. 泥磷制取次磷酸钠尾气的综合利用与处理研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008.
- [3] 雍丽珠. 高浓度次氯酸钠水溶液的制备及其稳定性能的探讨[J]. 中国氯碱, 2004, 1(13)

## Experimental Study on the Absorption of Phosphine Exhaust Gas by Sodium Hypochlorite

DING Zu-gao

(Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** In order to treat the produced phosphine exhaust gas in the sodium hypophosphite industry, the sodium hypochlorite was used to absorb it, and transform it to the sodium hypophosphite for recycling. Through the experiments, the influential factors to its absorption effect have been analyzed, mainly the effective chlorine concentration and pH value. The results show that when the speed of carrier gas flow was 20ml/min, the temperature for reaction was about 20℃, the pH value was 9, and the concentration of the sodium hypochlorite solution respectively was 0.75% and 7% as the first-level, the second-level absorption solution, the absorption effect was relatively better.

**Key words:** phosphine; sodium hypochlorite; absorption; sodium hypophosphite

# 大型磷复肥企业生产生活废水零外排技术

王丽琼

(云南云天化国际化工有限公司三环分公司, 云南 昆明 650113)

**摘要:** 磷复肥企业普遍存在生产性废水量大, 处理费用高; 处理后的废水回用难度大, 需要外排等问题。云南云天化国际化工有限公司三环分公司针对此问题, 形成了大型磷复肥企业生产生活废水资源化、分级、梯级利用技术, 实现生产生活废水零外排, 取得了较好的经济效益和环境效益。

**关键词:** 磷复肥; 废水; 污染物; 资源化; 梯级利用

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0089-06

## 1 背景

云南云天化国际化工有限公司三环分公司(以下简称公司)是一个综合性大型磷复肥生产企业, 现拥有年产185万t硫酸、80万t磷酸、40万t重钙、30万t磷酸一铵、20万t磷酸二铵、10万t精制磷酸、3.5万t氟硅酸钠的生产能力。

2005年以前, 公司尚未实施生产废水零外排技术, 生产废水经处理达标后排入螳螂川。如2004年, 公司经处理达标后的外排生产废水量为310万t, 排放的废水中含磷酸盐11268kg, 氟化物7031kg, 悬浮物190286kg, 化学耗氧量166850kg, 这些物质的排放对纳污水体螳螂川的水质有一定的负面影响。

随着我国经济的发展和人口的增加, 水资源短缺的现象日益加剧。2005年初, 公司为了将外排废水变为可用水, 立项对外排水回用进行研究开发。2006年元月, 项目投运, 公司经过处理后的废水实现了回收利用。

2007年, 为了减少螳螂川沿岸的氟硅酸钠加工企业外排水对螳螂川水体的污染, 公司新建3.5万t/a氟硅酸钠生产装置, 随着该装置的建成投运, 公司结束了氟硅酸外销和外委加工的历史。3.5万t/a氟硅酸钠生产装置是利用云南盐业股份有限公司的卤水(NaCl含量为25%)作为生产原料, 生产废水中因含大量的氯离子而不能回用, 废水经处理后外排。

建厂以来, 云磷生活区的生活污水一直是未经收集处理直接外排。2009年9月, 昆明市政府下发了“昆明市人民政府‘一湖两江’流域水环境保护工作有关问题的通知”, 要求排入螳螂川的废水执行《城

镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标。2010年5月, 公司对云磷生活污水的处理回用项目进行了立项, 2010年10月投用。

为了节约水资源, 降低废水处理费用, 自2005年以来, 公司对生产生活废水零外排技术进行了长期研究、开发, 取得了生产废水直接回用、生活废水回用于磷肥生产、区域内部分雨水回收利用的成绩。在我国水资源严重短缺、水污染事件频发的严峻形势下, 生产、生活废水零外排技术具有较好的示范、推广作用。

## 2 废水来源、数量及特性

公司为大型磷复肥企业, 生产装置较多, 各装置排放的废水成分不同。经过对公司各生产装置废水排放点进行系统地分析、测量, 摸清了公司的废水来源、数量及特性, 具体情况见表1。

## 3 废水零外排的难点分析

### 3.1 废水处理难点分析

由表1可以看出, 公司生产、生活废水有12个来源点, 各种来源点的废水成分差异较大。废水量共408m<sup>3</sup>/h, 要将这些废水处理后达标排放, 其难度有三: 一是公司现有的两套污水处理装置设计处理能力共229m<sup>3</sup>/h, 处理能力不足, 还需建设处理能力为200m<sup>3</sup>/h的污水处理装置。二是废水成分差异大, 混合处理净化效果较差, 单独分开处理需新建去除不同污染物的污水处理装置, 不仅投资大、占地面积大, 而且需要的操作人员和管理人员多, 与公司提倡的减员增效不相符。其三, 按公司实际的污水处理费用12元/m<sup>3</sup>计, 污水处理费用约3916.8万元/a, 这么高的污水处理费用, 企业难以承受。由于上述原因, 要将各装置的废水收集处理难以实现。

表1 公司生产、生活废水统计表

序号	废水来源	数量/ (m <sup>3</sup> /h)	废水特性
1	氟硅酸钠生产废水	80	酸度高, 氟化物平均浓度 6597mg/L, 氯离子平均浓度 113571mg/L, 含胶体颗粒
2	脱盐水阳离子树脂再生废水	15	含盐酸 w (HCl) 0.6%
3	脱盐水阴离子树脂再生废水	8	含氢氧化钠的质量分数 1%
4	硫酸装置余热锅炉排放污水	15	pH = 10 ~ 12
5	硫酸装置循环水冷却系统排放污水	79	含盐分
6	硫磺喷淋水	2	pH = 3 ~ 4
7	尾吸工序地坪冲洗水	1	pH = 3 ~ 4
8	硫酸厂厂区生活水	3	主要为洗澡水
9	磷酸萃取真空泵密封水	20	pH = 6 ~ 7
10	磷酸浓缩轴流泵密封水	40	氟化物平均浓度 62.7mg/L, 总磷 85.6 mg/L
11	磷酸浊循环冷却水系统排放水	85	氟化物平均浓度 2685mg/L, 总磷 1568mg/L
12	云磷社区生活废水	60	含油垢、BOD、COD、细菌, 还含有氮、磷等富营养化的物质
13	合计	408	

### 3.2 氟硅酸钠装置废水回用难点分析

公司环境监测站 2008 年对经“三级中和二级混凝沉降”传统工艺处理后的氟硅酸钠装置废水进行了 72 次监测, 其水质情况见表 2。

表2 3.5 万 t/a 氟硅酸钠生产装置废水处理达标情况统计 (mg/L)

序号	污染物名称	最高浓度	最低浓度	平均浓度
1	氟化物	23.96	4.89	12.42
3	悬浮物	868.0	32.0	212.9
4	氯离子	22093.15	1761.95	9350.57

从表 2 可以看出, 氟硅酸钠装置的废水氯离子平均浓度高达 9350.57mg/L, 氯离子在酸性环境中对不锈钢设备的腐蚀较为严重。公司通过在污水处理装置进口的酸性废水收集池挂片实验, 证实公司的含氯离子的酸性废水对不锈钢设备的腐蚀很严重, 设备的腐蚀速率随着氯离子浓度、废水酸度的升高而加快, 其腐蚀机理为: 在酸性 NaCl 溶液中, 不锈钢材料极易发生应力腐蚀开裂, 随着氢离子浓度的增大, 材料的应力腐蚀敏感性增强; 在应力作用下, 不锈钢表面的钝化膜被撕裂, 露出的新鲜金属与腐蚀溶液发生反应而引起不锈钢材料的腐蚀, 反复腐蚀形成了应力腐蚀裂痕, 由于含氯离子的酸性溶液的渗入, 裂纹两侧的表面上出现了大量的点蚀坑, 点蚀坑严重降低了不锈钢材料本身的力学性能, 当裂痕扩展到一定程度后, 材料发生断裂。目前国内外还没有去除工业废水中氯离子的成熟技术。

3.5 万 t/a 氟硅酸钠装置自 2007 年 4 月投产后, 由于废水中含大量氯离子而无法回用, 不得不经处理后外排。

### 3.3 脱盐水离子交换树脂再生废水回用难点

树脂再生过程中回收利用酸性、碱性废水需要

解决两个技术难点: 首先是废水中的氯离子对回用的影响; 其次是酸性水产生量平均 15m<sup>3</sup>/h, 碱性水产生量平均 8m<sup>3</sup>/h, 水量较大。

2009 年 10 月, 公司进行了装置性试验, 用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液取代 HCl 溶液再生阳离子树脂, 然后将树脂再生酸性废水和碱性废水中和处理后送 20 万 t/a 年硫酸装置循环水系统作为补充水。由于废水中含 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 等离子, 对循环水水质有明显影响。2010 年 5 月检查 20 万 t/a 硫酸装置凉水时发现塔填料有堵塞。由此得出, 硫酸装置无法回用树脂再生废水。

### 3.4 处理后的废水回用对生产用水系统的影响

由于公司的生产废水含大量的酸性物质, 废水处理用石灰作为中和剂, 经处理后的废水钙离子含量较高, 硬度最高时达 2278.01mg/L (CaCO<sub>3</sub> 计), 回用废水进入公司的供水系统后, 废水中的钙离子直接影响余热锅炉用脱盐水质, 废水的回用对公司生产用水系统存在较大的隐患。

### 3.5 云磷生活区生活污水的回用难点

云磷小区位于厂区北方, 生活区居住人口约 1.3 万人, 生活区有农贸市场、餐馆、商店等配套设施, 生活污水排放量呈间歇式变化, 即在下班时出现用水高峰时排水量大, 经测试, 生活污水的平均排水量约 60m<sup>3</sup>/h。2010 年公司环境监测站对生活污水取样分析 24 次, 污染物含量见表 3。

表3 处理前的生活废水水质 (mg/L)

项目	pH/ 无量纲	P	COD	SS	NH <sub>3</sub> -N
最高	8.00	3.71	249.08	2050	40.21
最低	7.41	0.13	39.13	22	12.62
平均	*	1.95	130.18	160	24.66
污染物排放量/ (t/a)	*	1.02	68.42	84.10	12.96

生活污水污染负荷重、成分复杂,主要有油垢、表面活性剂、生物有机泥、BOD、COD、细菌等,还含有氮、磷等富营养化物质,会散发出恶臭气味。

生活区生活废水处理回用难点:①生活废水难收集。废水汇集沟年久失修,沟中垃圾成堆、淤泥沉积,排水不畅,雨季沟中污水漫出,垃圾、悬浮物随污水溢到旁边的农田和公路上,收集困难。②生活污水的收集极易造成生活水源污染。生活污水汇集点距离南、北两个生活用水取水站的距离不到10m,极易造成生活水源污染。③生活污水难以直接回用至生产装置。由于生活污水中含油垢、表面活性剂、生物有机泥、BOD、COD、细菌等污染物,若不经处理直接回用至生产供水系统,不仅会污染生产供水系统的生产用水,还会产生恶臭气味,影响各套生产装置的正常运行。④生活废水处理装置建设地点选择困难。生活污水汇集点紧靠村民生活区,若在污水汇集点建设生活污水处理装置,生活污水处理过程中产生的恶臭气体会影响周围的环境空气,影响村民的正常生产。

#### 4 生产生活废水零外排技术

针对生产生活废水零外排存在的技术难点,公司经过系统的分析研究,在未投资新建污水处理装置的情况下,采取了废水分级回用技术、资源化技术、废水梯级利用技术、生活废水跨行业回用技术,最终实现了污水处理费用降低、生产生活废水零外排的成绩。

##### 4.1 氟硅酸钠生产废水资源化技术

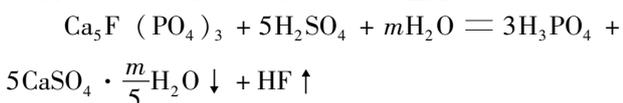
影响氟硅酸钠废水回收的主要因素是废水中的氯离子。公司采取改变生产原料、从源头杜绝氯离子进入生产系统、生产废水直接回用的资源化技术。

###### 4.1.1 氟硅酸钠生产废水资源化技术原理

氟硅酸钠生产原来使用云南盐化股份有限公司的含氯化钠的卤水作为原料。2009年12月使用固体 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 替代 $\text{NaCl}$ 后,将氟硅酸钠生产废水直接作为萃取磷酸装置过滤系统三洗水的补充水。

氟硅酸钠废水加入到磷酸装置过滤系统后,有两个作用:一是作为洗水使用,由于含稀硫酸,能进一步洗涤出磷石膏中的水溶磷,提高磷的回收率;二是通过三次逆流洗涤后,洗水最终进入到混酸器,与硫酸混合后进入萃取槽,回收了母液中的硫酸。

磷酸萃取过程是硫酸和磷矿浆通过混合搅拌进行化学反应的过程。由于氟硅酸钠废水中含有 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,在进入萃取槽后,增加了 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度,降低了硫酸消耗。萃取反应过程为:



##### 4.1.2 氟硅酸钠生产废水回用优化了磷酸生产工艺

用硫酸分解磷矿浆,反应得到磷酸和二水硫酸钙结晶的混合料浆,采用真空过滤的方法进行液固分离,分别得到稀磷酸和磷石膏。并对磷石膏进行三次逆流洗涤,充分回收磷酸。

湿法磷酸生产过程中硫酸是一个主要的消耗指标,其指标直接影响湿法磷酸的生产成本。通过回收氟硅酸钠母液中的 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,可以减少硫酸消耗,优化磷酸生产工艺,可降低磷酸生产成本。

##### 4.1.3 氟硅酸钠生产废水回用后的二洗水、三洗水成分分析

2010年2月,公司对回用氟硅酸钠生产废水的磷酸萃取II系列过滤三洗水、二洗水的成分进行测试分析,统计数据见表4。

表4 磷酸过滤二洗水、三洗水的成分分析统计(mg/L)

日期	$\text{SO}_4^{2-}$ 平均		$\text{Na}_2\text{O}$ 平均		$\text{H}_2\text{SiF}_6$ 质量分数/%	
	二洗水	三洗水	二洗水	三洗水	二洗水	三洗水
12日	18993.7	14111.3	0.2	0.23	1.1	0.36
15日	27081.6	17954.0	0.32	0.34	0.77	0.44
20日	25036.8	17929.3	0.31	0.34	0.84	0.49
21日	31136.7	17376.1	0.36	0.38	0.87	0.47
22日	36476.0	29412.9	0.34	0.44	1.06	0.73

从测试数据可以看出:

(1) 三洗水中的 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度均低于二洗水的 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度,说明氟硅酸钠废水用作洗涤液不仅能洗涤出磷石膏中的 $\text{SO}_4^{2-}$ 离子,也能回收氟硅酸钠废水中的 $\text{SO}_4^{2-}$ 离子,返入萃取槽中参与反应。

(2) 三洗水中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量略高于二洗水中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量,说明过滤系统能将部分悬浮的氟硅酸钠颗粒过滤在磷石膏滤饼表面,降低了返回萃取槽的 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量。

(3) 三洗水中 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ 的浓度明显低于二洗水中 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ 浓度,说明除了将氟硅酸钠母废水中的 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ 带入系统外,同时也洗涤出磷石膏中夹带的 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ,可降低磷石膏中的氟含量。

##### 4.1.4 氟硅酸钠生产废水回用效果分析

(1) 氟硅酸钠废水作为磷酸萃取过滤三洗水,能有效回收废水中的 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 离子,降低硫酸消耗。

(2) 部分 $\text{Na}_2\text{O}$ 会被磷石膏带走,减少由于磷酸中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量高对设备管道结垢的影响。

(3) 氟硅酸钠生产废水可以用于萃取磷酸装置,由此可节省氟硅酸钠废水的处理费用。

#### 4.2 脱盐水离子交换树脂再生废水资源化技术

##### 4.2.1 脱盐水离子交换树脂再生废水传统处理方法

硫酸生产脱盐水制备使用的阴、阳离子交换树

脂失效后，恢复功能所需的再生剂分别为 NaOH 溶液和 HCl 溶液，树脂再生过程中产生的含 HCl 的酸性废水和含 NaOH 的碱性废水采用的传统处理方法是直接中和处理后排放。这种处理方法的缺点是废水中的酸、碱不但无法回收利用，处理后的废水因含氯离子而只能直接外排。

#### 4.2.2 脱盐水离子交换树脂再生废水资源化技术

##### (1) 废水资源化技术

用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液取代 HCl 溶液再生阳离子树脂后，酸性废水、碱性废水的水质成分能满足回用要求，其水质成分分别见表 5、表 6。

表 5 酸性废水水质成分

时间	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / (μg/L)	氟/ (μg/L)	H <sup>+</sup> / (mmol/L)	悬浮物 (FTU)	Na <sub>2</sub> O/ (mmol/L)	Cl <sup>-</sup> / (mg/L)	密度/ (g/L)
2011-8-3	35951.62	0.018	0.034	1430	0.44	5.66	1.027

表 6 碱性废水水质成分

时间	Na <sup>+</sup> / (mg/L)	SiO <sub>2</sub> / (μg/L)	硬度/ (mmol/L)	Cl <sup>-</sup> / (mg/L)	铁(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/ (mg/L)
2011-8-3	12070	174000	0.18	9640.8	3.2

通过对公司范围内的装置所用生产原料、工艺、技术指标进行逐一分析、比较、筛选，确认氟硅酸钠装置最有条件回收利用含 NaOH 的碱性废水，磷酸萃取装置过滤工序最有条件回收利用含硫酸的酸性废水。

#### 4.2.3 脱盐水离子交换树脂再生废水回用效果分析

废水回用两个多月以来，没有发现对氟硅酸钠生产、磷酸过滤工序的控制指标及产品指标产生不良影响。相反地，由于回收了溶液中的钠离子和硫酸，既可降低氟硅酸钠生产所用原料硫酸钠的消耗和磷酸萃取工序的硫酸消耗，又减少了碱性水、酸性水的处理工序。

#### 4.3 处理后的废水分级回用技术

由于经中和处理后的废水硬度较高，直接回用到公司的供水系统，对脱盐水的处理影响较大。公司采用了废水分级回用技术：将两个高位水池连通管切断，分功能使用：1<sup>#</sup>高位水池专用于贮存滇池原水，主要作为锅炉脱盐水的原水储池；2<sup>#</sup>高位水池贮存滇池水和处理后的回用废水，作为生产装置的工艺给水；1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>高位水池须分级利用，1<sup>#</sup>高位水池的水能补充到2<sup>#</sup>高位水池作为生产用水，而2<sup>#</sup>高位水池的水绝不能进入1<sup>#</sup>高位水池。通过废水的分级回用技术，消除了废水回用对公司供水系统的影响。

#### 4.4 废水的梯级利用技术

##### 4.4.1 硫酸装置酸性废水的梯级利用技术

硫酸装置区域内未回收的酸性废水有尾吸工序产生的地坪冲洗水和硫磺喷淋产生的废水。

废水梯级利用技术路线：酸度较低的尾吸工序产生的地坪冲洗水、硫磺喷淋产生的酸性水，回用至干燥、吸收循环槽作为补充水进行梯级利用。

##### 4.4.2 硫酸装置锅炉排污水、循环水冷却系统排污水、洗澡水的梯级利用技术

硫酸装置锅炉排污水、循环冷却系统排污水属清净下水，洗澡水量约 3m<sup>3</sup>/h，量少，这些废水由于含盐类及钙、镁离子，不能回用到硫酸装置，只能在公司区域内筛选适合使用这些废水的装置。

经过分析、筛选，选择集中在一个区域内的 14 万 t/a 磷矿石风扫磨装置、70 万 t/a 磷矿湿磨装置、三环中化美盛化肥有限公司 60 万 t/a 磷酸二铵装置等 3 套装置来使用硫酸装置锅炉排污水、循环冷却系统排污水、洗澡水。这 3 套装置的用水主要为设备冷却水、矿浆生产用水、废气洗涤用水、地坪冲洗水，而硫酸装置排放的清净下水水质满足这些装置的用水需求。装置的排水及用水水量统计见表 7。

表 7 排水及用水水量统计表 (m<sup>3</sup>/h)

序号	排水装置	排水量	用水装置	用水量
1	硫酸循环冷却水系统	79	磷矿石风扫磨装置	25
2	硫酸锅炉排污水	15	磷矿湿磨装置	51
3	硫酸排放的洗澡水	3	三环中化美盛	16
合计		97		92

从表 7 可知，排水装置的排水量能满足用水装置的使用水量。

公司新建收集水池和供水水泵，将收集后的废水利用原有供水管网送到用水装置进行梯级利用。

##### 4.4.3 磷酸生产废水的梯级利用技术

磷酸生产产生的污水主要有：萃取闪蒸冷却器真空泵密封水；磷酸浓缩轴流泵密封水。

磷酸装置用水节点较多，主要为：磷酸装置浊循环水系统补充水量约 150m<sup>3</sup>/h；清净循环水系统补充工艺水约 30m<sup>3</sup>/h；磷酸浓缩装置氟吸收系统补充工艺水 45m<sup>3</sup>/h；磷酸萃取装置废气洗涤补充工艺用水约 40m<sup>3</sup>/h。

磷酸废水梯级利用的技术路线如下：

(1) 磷酸萃取闪蒸冷却器真空泵密封排水作为清净循环水系统的补充水。

(2) 磷酸浓缩轴流泵密封排水作为磷酸生产浊循环水系统的补充水。

(3) 磷酸生产浊循环水中含有平均浓度

2685mg/L 的氟化物，氟化物在循环水的冷却过程中极易挥发到大气环境中，氟化物的挥发量与氟化物的浓度成正比例关系。为降低浊循环水系统的氟化物，采取如下废水梯级利用技术措施：补充纯净水，置换部分浊循环水，将置换出的浊循环水回用至磷酸浓缩装置、磷酸萃取装置作为氟吸收系统的补充水。

#### 4.5 生活污水跨行业回收利用技术

2010 年 5 月，公司实施了经过优化后的《云磷小区生活污水回收处理方案》，首先对生活区的排水沟进行整治，清除沟内的垃圾和淤泥，对排污沟扩容、混凝土浇灌，确保雨季时污水不外流。其次，为了使污水收集不影响生活水源，在污水汇集点新建污水收集池，对污水收集池进行防腐、防渗处理，提高污水收集池的防渗等级，杜绝污水收集池的泄漏和渗漏。第三，针对生活污水中污染物的种类和含量，将已闲置的氟硅酸钠污水处理装置进行适当改造后处理生活污水，处理后的生活污水实

现跨行业回用到生产供水系统。这样不仅解决直接回用生活污水对生产环境、生产装置和生产供水系统的影响，还解决了在污水汇集点建设污水处理装置的难题。

2010 年 10 月，生活污水处理装置改造完成并投入试运行，处理后的生活污水水质见表 8。

表 8 处理后的生活污水水质分析 (mg/L)

项目	pH/ 无量纲	p	COD	SS	NH <sub>3</sub> -N	执行标准
取样分析次数	23	23	19	20	23	《城镇污水处理厂污染物排放标准》 GB18918-2002 中 的一级 A 标准
最高	9.26	2.83	168.56	192	34.4	
最低	7.47	0.16	19.56	6	12.38	
达标率/%	96.0	43.5	31.6	25.0	0	

从分析数据可以看出，经处理后的生活污水不能完全达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中的一级 A 标准，不能向螳螂川排放。公司将这部分水回用到生产上作为工艺用水（除锅炉脱盐水的原水外）。

表 9 废水回用产生效益统计

序号	废水零外排技术名称	回用产生的效益			
		环境效益		经济效益/(万元/a)	
1	氟硅酸钠生产废水资源化技术	减少废水排放量及滇池水取水量	57.6 万 t/a	节约取水费用	23.04
		氟化物	4.8t/a	节约污水处理费用	691.2
		减少污染物排放量	55.3t/a	减少硫酸消耗成本	560
		悬浮物	7946.42t/a	节约排污费	1.64
2	脱盐水阴、阳离子树脂再生废水资源化技术	减少废水排放量及滇池水取水量	17.7 万 t/a	节约取水费用	7.08
		化学耗氧量	4.8t/a	减少硫酸消耗成本	11.5
		减少污染物排放量	12.68t/a	减少硫酸钠消耗成本	31.95
		氯离子	24.78 t/a	节约污水处理费用	25
		*	*	节约排污费	0.77
3	硫酸装置余热锅炉排放污水梯级利用技术	减少废水排放量及滇池水取水量	77.6 万 t/a	节约取水费用	31.04
4	硫酸装置酸性废水的梯级利用技术	减少废水排放量及滇池水取水量	2.4 万 t/a	节约取水费用	0.96
				节约污水处理费用	28.8
5	磷酸生产废水的梯级利用技术	减少废水排放量及滇池水取水量	51.48 万 t/a	节约污水处理费用	617.76
		氟化物	11.97t/a	节约排污费	7.24
		减少污染物排放量	15.85t/a	节约取水费用	20.592
		悬浮物	64.43t/a	*	*
6	云磷社区生活废水跨行业回用技术	减少废水排放量及滇池水取水量	52.56 万 t/a	节约取水费用	21.024
		总磷	1.02 t/a		
		减少污染物排放量	68.42 t/a	节约排污费	12.3
		化学耗氧量	84.1 t/a		
		悬浮物	12.96 t/a		
7	合计	减少废水排放量及滇池水取水量	259.34 万 t/a		
		总磷	16.87t/a		
		氟化物	16.77t/a		
		减少污染物排放量	73.22t/a	产生经济效益	2091.90
		化学耗氧量	228.61t/a		
		悬浮物	12.96t/a		
		氨氮	7959.1t/a		
		氯离子			

公司回收利用生活废水至今已有近3a时间了,未发现影响生产装置和产品指标的情况。

### 5 生产生活废水零外排技术效益分析

公司全面实施生产生活废水回用技术后,减少废水排放量259.34万t/a,减少的污染物排放量分别为:总磷16.87t/a,氟化物16.77t/a,化学需氧量73.22t/a,悬浮物228.61t/a,氨氮12.96t/a,氯离子7959.1t/a;减少了滇池取水量259.34万t/a,取得了较好的环境效益;节约取水费用、生产成本费用、排污费用共计2091.90万元/a,取得了较好的经济效益。废水零外排技术产生的环境效益和经济效益见表9。

### 6 结束语

公司采用了废水资源化、分级、梯级利用、生活废水跨行业回用技术后,取得了生产生活废水零

外排的成效。但面对云南多年干旱、水资源短缺严重的形势,回收外排废气中的热量和水分,综合利用热能、减少生产水用量是公司的下一个研究目标。我们将结合实际废气排放情况,开发外排废气热量、水分回用技术,最终达到消除排气筒冒白烟的现象,减少热能排放,保护水资源和大气环境资源的目的。

#### 参考文献:

- [1] 余国斌. 氟硅酸钠废水处理与循环利用 [J]. 环境科学导刊, 2011, 30 (1).
- [2] 杨建中. 氟硅酸钠生产实践 [J]. 无机盐工业, 2006, (10).
- [3] 罗运红. 氟硅酸钠连续生产装置技术改进 [J]. 磷肥与复肥, 2010, (5).
- [4] 黄毓晖, 轩福贞, 涂善东. 304奥氏体不锈钢在酸性氯离子溶液中应力腐蚀性能的研究 [J]. 压力容器, 2009, (7).

## Zero Wastewater Discharge in Large Scale Phosphate Fertilizer Industry

WANG Li-qiong

(Sanhuan Division of Yunnan Yuntianhua International Chemical Industry Limited  
Company, Kunming Yunnan 650113 China)

**Abstract:** The phosphate fertilizer industry produces a large amount of wastewater which is of high treatment cost, and difficult to recycle. But in Sanhuan Division of Yunnan Yuntianhua Chemical Industry Company, the wastewater has been utilized and recycled in cascade without discharge, and it has produced good economic and environmental benefits.

**Key words:** phosphate fertilizer; wastewater; pollutant; resource; cascade utilization

# 多金属伴生铜矿选矿与湿法 冶炼中废水零排放探讨

苏跃龙

(云龙县环境监测站, 云南 云龙 672700)

**摘要:** 选择了一个实体企业, 经过对其不同废水的性质进行分析, 分别选取工艺技术成熟的化学中和沉淀法、PFS (聚硫酸铁) 混凝沉降法和 MBR 膜处理法对该企业的废水进行处理实验, 确保经处理后废水能满足不同生产环节用水水质的要求, 并在该企业进行了生产性探讨实验, 实现了废水零排放。

**关键词:** 多金属矿; 铜矿; 废水; 零排放; 探讨

**中图分类号:** X75   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0095-03

铜矿是有色金属矿中比较常见的一种。有色金属矿常以多金属矿伴生为主, 在自然界中很少有单一的矿种存在, 对多金属伴生矿的开发利用是国家鼓励建设的项目。多金属伴生矿的开发利用带来的突出环境问题是重金属污染。重金属污染与其他有机化合物的污染不同。不少有机化合物可以通过自然界本身物理的、化学的或生物的净化, 使有害性降低或解除。而重金属污染具有富集性, 很难在环境中降解。如随废水排出的重金属, 即使浓度小, 也可在藻类和底泥中积累, 被鱼和贝类体表吸附, 产生食物链浓缩, 从而造成公害。水体中金属有利或有害不仅取决于金属的种类、理化性质, 而且还取决于金属的浓度及存在的价态和形态, 即使有益金属元素浓度超过某一数值也会有剧烈的毒性, 使动植物中毒, 甚至死亡。金属有机化合物 (如有机汞、有机铅、有机砷、有机锡等) 比相应的金属无机化合物毒性要强得多; 可溶态的金属又比颗粒态金属的毒性要大; 六价铬比三价铬毒性要大等等。重金属污染目前已相当严重, 其对环境和生物的危害极大, 同时易通过食物链富集, 已经引起了世界各国科学家的高度重视。

目前在选矿废水处理及回用技术方面的研究已取得较大进展, 主要有传统的化学沉淀法、氧化还原法、混凝沉降法<sup>[1]</sup>、吸附法生物法和膜处理法等, 经处理后的废水回用或达标排放。但处理后的水质达不到各生产环节用水水质的要求和处理成本

高直接影响企业的经济效益, 导致设施停运或不正常运行、达标排放含重金属污染水的富集造成的环境重金属污染风险。要真正杜绝排放含重金属污染物的企业对环境的污染, 就得让企业实现零排放。本文选取了一个有代表性的实体企业来研究多金属伴生矿在采选冶中实现废水零排放的可能性。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验仪器

多功能搅拌装置; 直读分析测试仪; 原子吸收分光光度计; 笔式高精度酸度计; 分析天平; UV-6100PCS 分光光度计; MBR 膜等。

### 1.2 主要药剂

聚合硫酸铁 (PFS), 工业级; 硫酸, 分析纯; 硫化钠, 工业级。

### 1.3 实验方法

(1) 混凝沉降实验: 取 1000ml 选厂废水在多功能搅拌器上进行混凝试验, 加入 PFS 混凝剂, 以 100r/min 搅拌 5min, 静置 30min, 取上层沉清液测其 SS、COD<sub>Cr</sub> 值和重金属离子含量。

(2) 膜处理实验: 取经选矿废水混凝沉降后的上层沉清液 5000ml, 采取外压式用 MBR 膜处理, 取膜处理后废水测其 SS、COD<sub>Cr</sub> 值和重金属离子含量; 5000ml 生活废水, 静置 30min, 取上层澄清液, 经缺氧和外压式用 MBR 膜处理, 取处理后的废水测其 SS、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、BOD<sub>5</sub>、pH 和 TP 值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 废水成分

矿山废水主要有矿井涌水和剥采区雨季的地表径流, 化学成分见表 1。

收稿日期: 2013-06-06

作者简介: 苏跃龙 (1966-), 男, 白族, 云南云龙人, 副高级监测工程师, 理学学士, 从事环境管理和环境监测研究。曾发表环境保护论文 4 篇。

表1 矿山废水成分 (mg/L)

pH/无量纲	Cu	Pb	Zn	Cd	Ag
5.5	1.78	0.89	0.51	-	-

电积铜生产区堆浸场的雨水直接进入电积铜车间的封闭循环系统不外排, 废水主要来源于洗板和地板冲洗水以及道路区雨水, 化学成分见表2。

表2 电积铜车间废水成分 (mg/L)

pH/无量纲	SS	COD	Zn	Cd	Pb	Cu
4.5	67	15	0.082	0.001	0.36	2.23

选矿区废水主要是选矿废水、地板冲洗水和道路区雨水, 化学成分见表3。

表3 选矿废水成分 (mg/L)

pH/无量纲	SS	COD	Zn	Cd	Pb	Cu
11.28	856	150	0.062	0.001	0.26	1.64

生活区废水主要是沐浴、洗衣、卫生间、食堂和道路区雨水, 化学成分见表4。

表4 生活废水成分 (mg/L)

pH/无量纲	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	粪大肠菌群/(个/L)
7.31	330	165	85	34	3500

化验废水主要是分析过程中产生废液和器皿洗涤水, 化学成分见表5。

表5 化验废水成分 (mg/L)

pH/无量纲	SS	COD	Zn	Cd	Pb	Cu
7.5	156	20	0.02	0.001	0.16	1.84

### 2.2 混凝沉降实验结果

经混凝沉降的选矿废水可用于湿料磨的磨矿用水, 结果见表6。

表6 选矿废水用 PFS 处理结果 (mg/L)

pH/无量纲	Cu	Pb	Zn	Cd	SS	COD <sub>Cr</sub>
11.02	0.94	0.17	0.045	0.001	156	85

### 2.3 选矿废水混凝沉降后膜处理结果

经处理后的选矿废水年均可达到工业用水水质标准, 可用于选矿车间任何环节用水, 结果见表7。

表7 选矿废水用 PFS 混凝沉降和膜处理后的水质 (mg/L)

pH/无量纲	Cu	Pb	Zn	Cd	SS	COD <sub>Cr</sub>
10.65	0.64	0.12	0.035	0.001	45	17.5

### 2.4 生活废水处理结果

经膜处理后生活废水达 GB/T 19923—2005 工业用水水质标准要求, 可用于选矿和阴积铜生产用水, 结果见表8。

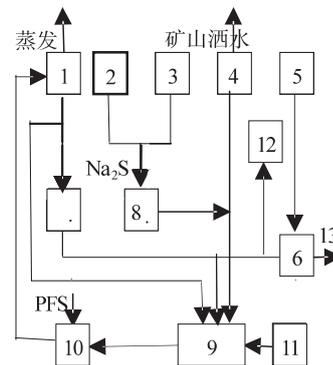
表8 生活废水处理结果 (mg/L)

pH/无量纲	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	粪大肠菌群/(个/L)
7.42	50	8.4	25	15	1600

### 2.5 废水循环结果

银铜矿地理坐标 E 99°20'36", N 26°10'26", 位于大理白族自治州云龙县检槽乡境内。已探明的以铜铅为主的多金属矿石储量为 5832 万 t, 其中金属量: Ag 5600t、Cu 690400t、Pb 101008t、Zn 5400t, 设计服务年限 30a。该企业现在拥有年产 3000t Cu 的阴积铜生产线和处理 3000t 原矿的选矿生产线, 矿山开采为剥采硇采的方式, 有 600 名员工。该企业的废水由采矿区的雨水和矿井涌水、电积厂的冲洗和地面雨水、选矿废水和地面雨水、化验室废水和生活废水等组成。

根据实验的结果, 首先在银铜矿实施了雨污分流工程, 以减小污染处理设施的运行负荷。再依据各生产环节中不同用水水质的要求, 采取不同的处理措施确保不影响回收率和产品质量。尾矿废水采取用 PFS 混凝和尾矿库沉淀后直接回用和用 MBR 膜处理技术处理后在选矿车间回用; 矿山涌水和雨水收集沉淀后用于矿山洒水降尘和进入湿料磨进行回用; 化验室和电积铜车间冲洗水收集中和后在选矿车间回用; 生活废水收集后经 MBR 膜处理系统处理用于电积铜车间的补充用水和绿化用水, 最终实现了所有废水的零排放。



1.尾矿库沉淀;2.分析化验室废水收集池;3.电积铜车间冲洗水雨水收集池;4.矿山雨水涌水收集池;5.生活废水收集池;6.生活废水膜处理系统;7.尾矿水膜处理系统;8.硫化钠中和池;9.选矿车间;10.混凝搅拌池;11.精矿滤水收集池;12.电积车间;13.绿化用水

图1 废水循环系统示意

### 3 结论

(1) 实验和具体实践的结果表明, 在多金属矿采选和湿法提炼中对废水进行分类收集, 性质不同的废水采取不同的处理工艺, 根据用水量和水质要求来建废水处理设施的规模和处理深度是降低处理成本实现废水零排放的关键。

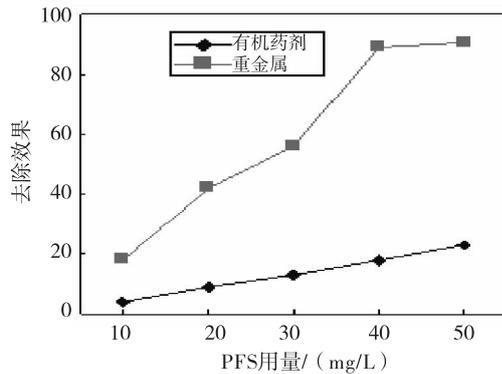


图2 PFS用量对混凝的影响

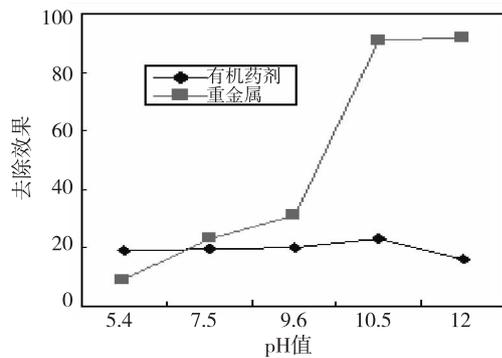


图3 pH值对混凝沉降的影响

(2) 根据应用结果, PFS 的用量与 pH 值的变化对重金属和有机药剂的去除率都有影响, PFS 用量在 40mg/L 左右<sup>[2]</sup>, pH 值在 11 左右, 重金属和有机药剂的去除效果最佳。

(3) 废水处理应选择工艺成熟、处理成本低的先进工艺或成套设备。该研究选用的膜处理和 PFS 混凝沉降处理等都是比较成熟的工艺, 处理 1m<sup>3</sup> 水成本约为人民币 0.35 元左右。在缺水地区或水费较高地区能为企业带来较好的效益。

(4) 证明多金属伴生铜矿在开采提炼过程中, 只要严格按“三同时”建设污染治理设施, 在运行中加强管理, 确保设施正常运行, 是可以把重金属污染降低到区域流域环境可以接受的水平。

#### 参考文献:

- [1] 孙家寿. 选矿废水治理技术 [J]. 湖南有色金属, 1988, 4 (3): 19-23.
- [2] 董栋, 孙伟, 苏建芳, 等. 铅锌矿废水处理与回用试验研究 [J]. 有色金属 (选矿部分), 2012, (3): 28-31.

## Zero Wastewater Discharge in Polymetallic Copper Ore Dressing and Hydrometallurgy

SU Yue-long

(Environmental Monitoring Station of Yunlong County, Yunlong Yunnan 672700 China)

**Abstract:** Taking an industrial enterprise as an example, based on the analysis of its wastewater nature, the experiment was conducted to treat the wastewater with different methods such as chemical neutralization, PFS coagulation and MBR membrane treatment. The treated wastewater could meet the water quality requirements of different production process. The zero wastewater discharge has been realized.

**Key words:** polymetallic; copper ore; wastewater; zero discharge; discussion

# 临沧市省级划分水功能区入河排污口分析评价

王 凯, 周怀兰

(云南省水文水资源局临沧分局, 云南 临沧 677000)

**摘 要:** 根据临沧市入河排污口监测成果, 评价分析临沧市省级划分水功能区入河排污口的分布及超标情况, 计算水功能区入河排污口等超标污染负荷, 分析入河排污口对水功能区水质的影响, 提出对入河排污口的监督管理措施和建议。

**关键词:** 省级; 水功能区; 入河排污口; 分析; 评价; 临沧

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0098-03

近年来, 临沧市工业经济发展迅速, 导致水资源开发利用、水资源短缺与水环境保护的矛盾突出。水环境受到污染, 对传统的农业用水、养殖业用水都产生严重的影响, 部分地区因为水污染对用水产生影响而出现水事纠纷。通过监测分析, 超标工业废水的排放是造成水环境污染的主要原因, 实施入河排污口监督管理, 是保护水资源、改善水环境、促进水资源可持续利用的重要措施。对入河排污口核实、监测、评价是计算水功能区纳污能力、限制和削减入河排污总量、实施入河排污口监督管理的首要环节和基础工

作, 对解决水环境污染问题具有重要意义。

## 1 水功能区划分

临沧市地处西南山区, 河流属于怒江水系、澜沧江水系, 主要河流有南汀河、南捧河、永康河、小黑江、罗闸河、勐勐河、南滚河及澜沧江。根据云南省水利厅发布的《云南省水功能区划》(2004年), 临沧市省级划分一级水功能区 15 个, 其中保护区 4 个, 保留区 8 个, 开发利用区 3 个; 开发利用区划分二级水功能区 3 个<sup>[1]</sup>。临沧市省级划分水功能区详见表 1。

表 1 临沧市省级划分水功能区

分区	水功能区名	水系	河流	河段	起	止	河长/km
	永康河永德保留区	怒江	永康河	全河	源头	孟波罗河口	65.9
	南汀河源头水保护区	怒江	南汀河	临沧段	源头	博尚水库坝址	7.6
	南汀河临沧开发利用区	怒江	南汀河	临沧段	博尚水库坝址	大文水文站	32.6
	南汀河临沧-耿马保留区	怒江	南汀河	临沧-耿马段	大文水文站	出境口	232.7
	南捧河镇康-耿马保留区	怒江	南捧河	全河	源头	入南汀河	137
	南滚河沧源保护区	怒江	南滚河	全河	源头	出境口	62.1
	澜沧江兰坪-景洪保留区	澜沧江	澜沧江	兰坪-景洪段	兰坪兔峨	景洪曼栋厂	645.1
一级区	罗闸河昌宁-云县保留区	澜沧江	顺甸河	昌宁-云县段	昌宁红木寨	云县水磨	99.9
	罗闸河云县开发利用区	澜沧江	罗闸河	云县段	云县水磨	云县丫口村	6.8
	罗闸河云县保留区	澜沧江	罗闸河	云县段	云县丫口村	入澜沧江	41.4
	小黑江源头水保护区	澜沧江	小黑江	耿马段	源头	耿马煤厂	23.4
	小黑江耿马-双江保留区	澜沧江	小黑江	耿马-双江段	耿马煤厂	入澜沧江	147.0
	勐勐河源头水保护区	澜沧江	勐勐河	临沧-双江段	源头	甸头水文站	53.0
	勐勐河双江开发利用区	澜沧江	勐勐河	双江段	甸头水文站	南宋	16.0
	勐勐河双江保留区	澜沧江	勐勐河	双江段	南宋	入小黑江口	12.0
二级区	南汀河临沧农业工业用水区	怒江	南汀河	临沧段	博尚水库坝址	大文水文站	32.6
	罗闸河云县农业工业用水区	澜沧江	罗闸河	云县段	云县水磨	云县丫口村	6.8
	勐勐河双江农业工业用水区	澜沧江	勐勐河	双江段	甸头水文站	南宋	16.0

## 2 入河排污口分布

### 2.1 水功能区入河排污口分布

根据临沧市水利普查数据, 监测规模以上的入

收稿日期: 2013-07-02

作者简介: 王凯 (1984-), 男, 助理工程师, 云南省水文水资源局临沧分局工作。

河排污口 37 个, 其中保留区 25 个, 占入河排污口数的 67.6%; 开发利用区 11 个, 占入河排污口数的 29.7%; 保护区 1 个。

## 2.2 河流入河排污口分布

所监测的 37 个入河排污口, 分布于 7 条主要河流(含支流)上, 排污口最多的是南汀河, 排污口数为 10 个, 占入河排污口数的 27.0%; 其次是南捧河, 入河排污口数 7 个, 占 18.9%; 小黑江、勐勐河入河排污口均 5 个, 各占 13.5%; 罗闸河、永康河入河排污口 4 个, 各占 10.8%; 最少的为澜沧江, 入河排污口数 2 个。

## 3 入河排污口评价

### 3.1 评价标准及方法

采用《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准限值, 对排污口的污染物进行评价; 评价方法采用单因子评价法, 即有一项监测值超过标准限值的排污口即为超标排污口。

### 3.2 水功能区入河排污口评价

通过对 37 个入河排污口的评价, 达标排污口 9 个, 仅占监测入河排污口的 24.4%; 超标排污口有 28 个, 超标率为 75.6%, 超标排放污水量为 3485.7 万 t/a, 占总排放污水量的 40.6%。主要超标项目有 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、氨氮, 其中 COD<sub>Cr</sub>超标的排污口有 20 个, BOD<sub>5</sub>超标的排污口有 22 个, 氨氮超标的排污口有 13 个; COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、氨氮同时超标的排污口有 12 个。在 28 个超标排污口中, 开发利用区 11 个, 保留区 16 个, 保护区 1 个, 二级水功能区 11 个。水功能区入河排污口评价详见表 2。

表 2 临沧市省级划分水功能区入河排污口评价

一级水功能区	监测排污口数/个	超标排污口数/个	超标率/%	单项超标排污口个数			超标污水量/(万 t/a)
				COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	氨氮	
开发利用区	11	11	100	9	10	7	1393.2
保留区	25	16	64	10	11	5	2086.2
保护区	1	1	100	1	1	1	6.31
合计	37	28	76	20	22	13	3485.7

### 3.3 河流入河排污口评价

超标排污口最多的河流是南汀河, 超标排污口 7 个, 占超标排污口总数的 25.0%; 其次是小黑江, 超标排污口 5 个, 占超标排污口总数的 17.9%; 罗闸河、永康河、南捧河、勐勐河超标排污口均为 4 个, 各占 14.3%; 河流入河排污口评价详见表 3。

表 3 临沧市主要河流(含支流)入河排污口评价

河流	监测排污口数/个	超标排污口数/个	超标率/%	单项超标排污口个数			超标污水量/(万 t/a)
				COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	氨氮	
南汀河	10	7	70	5	5	5	983.9
罗闸河	4	4	100	2	4	2	659.9
永康河	4	4	100	3	3	1	348.3
南捧河	7	4	57	2	2	1	677.5
小黑江	5	5	100	4	5	2	309.9
勐勐河	5	4	80	4	3	2	506.2
澜沧江	2	0	0	0	0	0	0
合计	37	28	76	20	22	13	3485.7

## 4 入河排污口等标污染负荷

采用等标污染负荷法, 可以更准确地评价排污口的污染程度。等标污染负荷计算公式:

$$P_i = Q_i \times \frac{C_i}{C_{oi}}$$

式中:  $P_i$  为某污染物的等标污染负荷 (t/a),  $Q_i$  为含某污染物的废污水量 (t/a),  $C_i$  为某污染物的实测浓度 (mg/L),  $C_{oi}$  为某污染物的标准限值 (COD<sub>Cr</sub> 100mg/L、BOD<sub>5</sub> 30mg/L、氨氮 15mg/L)。

通过计算, 水功能区入河排污口等标污染负荷为 40119.6 t/a, 其中开发利用区 24821.7 t/a, 保留区 15199.1 t/a, 保护区 98.8 t/a; 主要污染物等标污染负荷 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、氨氮分别为 33240.6 t/a、310.2 t/a、40119.6 t/a。通过等标污染符合计算分析, 入河排污口是水功能区受到不同程度污染的主要污染源; 水功能区入河排污口等标污染负荷详见表 4。

表 4 临沧市省级划分水功能区入河排污口等标污染负荷

水功能区	排污口个数/个	废污水入河量/(万 t/a)	主要污染物入河量/(t/a)				等标污染负荷/(t/a)			
			COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	氨氮	合计	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	氨氮	合计
开发利用区	11	1393.2	4607.2	1460.2	263.0	6330.4	19982.7	4383.1	455.9	24821.7
保留区	25	7183.4	3646.7	994.1	186.5	4827.2	13208.5	1881.6	109.1	15199.1
保护区	1	6.31	17.7	11.98	1.90	31.5	49.4	45.5	3.8	98.8
合计	37	8582.8	8271.5	2466.2	451.4	11189.1	33240.6	6310.2	568.8	40119.6

### 5 入河排污口对水功能区水质影响分析

影响水功能区水质的因素有很多,包括本底值、水量、点源污染、面源污染、水体自净能力等<sup>[2]</sup>。对水功能区和排污口的监测资料分析后得知,入河排污口污染物负荷量对水功能区水质有着重要的影响。污染负荷量大,水量小,自净能力弱的河流,其污染也较为严重。

根据常年监测成果,南汀河、永康河、小黑

江、勐勐河多年平均水质为Ⅲ~Ⅳ类,南捧河多年平均水质为Ⅳ类,罗闸河多年平均水质为Ⅱ~Ⅲ类,澜沧江多年平均水质为Ⅱ类。罗闸河、澜沧江多年平均水质达水功能区要求。对于水量小、污染物排放比较严重的河流,要想达到水功能区划的要求,必须对排入水功能区的污染物总量进行削减和控制。主要河流污染负荷与多年平均水质类别见表5。

表5 临沧市主要河流污染负荷与多年平均水质类别

河流	废污水入河量 /(万t/a)	主要污染物入河量/(t/a)				等标污染负荷/(t/a)				水质类别
		氨氮	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	合计	氨氮	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	合计	
南汀河	1499.2	89.9	716.1	425.9	1232.0	53.9	512.9	604.7	1171.4	Ⅲ~Ⅳ
永康河	348.3	25.9	799.6	216.0	1041.6	11.2	1598.6	388.9	1998.7	Ⅲ~Ⅳ
南捧河	5028.9	29.9	1584.3	440.8	2055.0	8.5	3585.6	925.2	4519.4	Ⅳ
罗闸河	659.9	139.8	3399.0	893.2	4432.0	325.6	28883.1	6648.9	35857.7	Ⅱ~Ⅲ
小黑江	309.9	86.8	715.5	146.4	948.6	100.4	1023.9	142.8	1267.0	Ⅲ~Ⅳ
勐勐河	676.5	78.8	1036.1	333.4	1448.4	82.9	2147.2	741.1	2971.1	Ⅲ~Ⅳ
澜沧江	60.1	0.28	20.8	10.5	31.6	0.00	2.2	1.8	4.0	Ⅱ
合计	8582.8	451.4	8271.5	2466.2	11189.1	21926.9	35582.2	68698.2	126207.3	

### 6 入河排污管理措施及建议

(1) 加强入河排污口的监督管理、监测、设置论证。全面贯彻落实水利部《入河排污口监督管理办法》,水行政主管部门对本辖区内入河排污口进行统一登记和管理;在水功能区内设置入河排污口,应进行排污口论证报告的编制,分析入河排污口对水功能区、水生态环境和第三者权益的影响;加强对现有排污口的监测工作,定期对入河排污口的排污量、污染物排放浓度进行监测,为入河排污口的有效管理提供基础数据。

(2) 加强各部门的协调配合,建立相互合作的工作机制。实施入河排污口监督管理是保护水资源、改善水环境、促进水资源可持续发展的重要措施,应与水功能区的监督和管理、水域纳污能力和限制排污总量的核定密切配合,与取水许可制度、建设项目的审批管理制度密切配合,逐步完善入河排污管理体系和机制,从污染源头保护水环境。

(3) 严格实施污染物排放总量控制和浓度控制。浓度控制和总量控制是实施水污染控制的两种

主要途径。按照制定的污染物排放总量控制方案,对水功能区内入河排污口进行排污总量控制,实行排污许可证制度,禁止无证和超总量排污,逐步削减污染物排放量,达到水功能区划要求,改善水环境质量。但是仅实行总量控制而不对污染源排放浓度作出规定,又会导致高浓度集中排放而引起突发性污染事故或局部生态系统的破坏。因此建议对全市入河排污口采用总量控制与浓度控制相结合的水污染控制方法。

(4) 加强对水功能区水质监测。受多方面因素制约,目前临沧市水功能区水质监测站网密度不达标,有些水功能区尚处于检测空白区。因此应进一步加强水质站网建设,建立自动、动态水质监测系统,及时准确掌握全市水功能区水质状态,为水污染治理、水资源可持续开发利用提供有力的技术支撑。

#### 参考文献:

[1] 云南省水利厅. 云南省水功能区划 [R]. 2004.  
 [2] 景彦亭, 时晓飞. 邢台市水功能区纳污能力分析研究 [J]. 地下水, 2011, (1).

(下转第104页)

# 新泰市地表水水质评价与防治策略

刘正朋

(新泰市环境保护局, 山东 新泰 271200)

**摘要:** 新泰市地表水环境承载着城区供水、容纳排污、农田灌溉, 其由柴汶河流域、金斗山水库、光明水库、东周水库水组成; 依据 2009—2012 年监测数据, 采用综合污染指数法、单因子类别法评价了柴汶河流域以及三个水源地水质; 水质评价内容包括: 污染物浓度平均值、水污染因子分担率、污染指数、水库富营养化程度等; 提出了切实可行的地表水环境防治策略。

**关键词:** 地表水; 水质评价; 防治策略; 新泰市

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0101-04

柴汶河新泰段及其支流执行《地表水环境质量标准》中的 V 类标准, 但是新汶矿业集团等重点污染源分布于柴汶河流域, 企事业单位的排污超过了河流的净化能力, 某些企业违法设置排污口, 导致了柴汶河水质在某些时段不达标。新泰金斗水库、光明水库承担着为青云城区和新汶城区供水, 东周水库为备用水源, 水源地水质执行 GB3838-2002 中的 III 类标准; 但是水源地附近某些库区村庄未实施搬迁, 部分违法违规建设的企业和养殖场偷排污水。通过动态地评价地表水水质的变化趋势, 可以为社会经济发展、政府决策、群众宜居等提供重要的参考。

## 1 柴汶河新泰段功能区水质评价

河流水质评价通过计算污染分担率确定评价指标, 用综合污染指数法及污染分担率来计算和评价各水域 (或河流) 间的污染程度大小和污染年际变化 (污染指数计算, 采用第 III 类标准值)<sup>[1-2]</sup>。断面水污染综合指数表达式 (1) 与污染分担率表达式 (2) 如下<sup>[3-4]</sup>:

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{io}} \quad (1);$$

$$K_i = \frac{P_{ij}}{P_j} 100\% \quad (2);$$

式中:  $P_j$  -  $j$  断面 (河流) 水污染综合指数;  $P_{ij}$  -  $j$  断面 (河流)  $i$  项污染物的污染指数;  $C_{ij}$  -  $j$  断面 (河流)  $i$  项污染物的年平均值;  $C_{io}$  -  $i$  项污染物评价标准值;  $n$  - 参与评价污染物项数;  $K_i$  -

污染分担率;  $K_i$  -  $j$  项因子的污染分担率。

为了准确监控地表水水质变化, 新泰市环境监测站在柴汶河新泰段设置了 6 个功能区断面监测点位, 其中沙坡大桥、平阳河入汶处、西周河入汶处、谷里大桥、南宋大桥为泰安市环保局监控点, 翟良桥为新泰市环保局监控点, 执行 GB3838-2002 中的 V 类标准; 采用公式 (1) 与 (2) 计算了最近四年 6 个断面浓度年均值、污染指数、分担率、总污染指数, 见表 1。

沙坡大桥位于新泰市备用水源地东周水库的上游, 断面水质较清洁, 被监测的污染物浓度相对较低, 污染物分担率居前四位的分别是 COD、BOD、氟化物、pH, 总污染指数为 1.66。

柴汶河两岸分布着大量的化工、建材、机械、热电等排污行业, 监测断面受企业排污影响较严重, 污染物排放的速率、浓度、排放量超过了水体的自净能力, 污染物浓度较高; 污染物分担率居前四位的分别是 COD、高锰酸盐指数、氨氮、BOD; 与沙坡大桥点位相比, 其他 5 个断面污染指数分别增长到 3.6 左右。整体而言, 新泰市地表水功能区水质达到 GB3838-2002 中的 V 类标准, 最近四年地表水水质趋于稳定, 污染物的浓度与类别变化不大。

## 2 柴汶河新泰段非功能区水质评价

新泰市环境监测站在柴汶河流域非水环境功能区设置了岙阳河入汶处、光明河入汶处、迈莱河入汶处 3 个监测点位, 可以有效地监控全市非水环境功能区地表水水质的变化; 与功能区相比, 非功能区的污染因子与权重有较大区别, 污染物分担率居前四位的分别是 BOD、

收稿日期: 2013-06-25

作者简介: 刘正朋 (1984-), 男, 山东省新泰市人, 现供职于山东省新泰市环境保护局, 工学硕士学位, 研究方向为环境分析仪器的应用。

COD、氟化物、高锰酸盐指数，污染物浓度和总污染指数也相对较低，最近4年地表水污染

物浓度、分担率、总污染指数变化不大，总污染指数大约为2.00左右，见表2。

表1 6个断面监测结果均值、污染指数、分担率、总污染指数

监测断面	类别	COD	氨氮	pH	总磷	BOD	阴离子表面活性剂	氟化物	粪大肠菌群	高锰酸盐指数	溶解氧
沙坡大桥	浓度平均值	15.98	0.21	7.41	0.02	2.90	—	0.38	92.50	2.93	9.24
	污染指数	0.3994	0.1031	0.2038	0.0469	0.2895	—	0.2500	0.0023	0.1952	0.1650
	分担率/%	24.13	6.23	12.31	2.83	17.49	—	15.10	0.14	11.79	9.97
	总污染指数	1.66									
平阳河入汶处	浓度平均值	28.85	0.97	7.54	0.15	4.42	0.13	0.46	560.00	7.67	8.96
	污染指数	0.7213	0.4863	0.2713	0.3813	0.4415	0.4283	0.3033	0.0140	0.5115	0.1125
	分担率/%	19.65	13.25	7.39	10.38	12.03	11.67	8.26	0.38	13.93	3.06
	总污染指数	3.67									
西周河入汶处	浓度平均值	32.78	1.14	7.39	0.07	5.13	0.11	0.49	814.75	10.57	8.92
	污染指数	0.8194	0.5688	0.1963	0.1794	0.5128	0.3533	0.3283	0.0204	0.7043	0.0208
	分担率/%	22.12	15.36	5.30	4.84	13.84	9.54	8.87	0.55	19.02	0.56
	总污染指数	3.70									
谷里大桥	浓度平均值	32.60	1.11	7.42	0.15	4.34	0.10	0.47	726.88	9.32	9.18
	污染指数	0.8150	0.5550	0.2088	0.3838	0.4335	0.3392	0.3150	0.0182	0.6215	0.0156
	分担率/%	21.99	14.98	5.63	10.36	11.70	9.15	8.50	0.49	16.77	0.42
	总污染指数	3.71									
南宋大桥	浓度平均值	30.30	1.01	7.43	0.12	4.45	0.10	0.47	863.00	9.01	8.92
	污染指数	0.7575	0.5050	0.2150	0.3119	0.4448	0.3333	0.3150	0.0216	0.6008	0.0216
	分担率/%	21.48	14.32	6.10	8.84	12.61	9.45	8.93	0.61	17.04	0.61
	总污染指数	3.53									
翟良桥	浓度平均值	30.90	1.09	7.45	0.13	4.79	0.10	0.47	786.17	9.57	8.89
	污染指数	0.7725	0.5438	0.2250	0.3144	0.4785	0.3425	0.3100	0.0197	0.6377	0.0251
	分担率/%	21.05	14.82	6.13	8.57	13.04	9.33	8.45	0.54	17.38	0.68
	总污染指数	3.67									
执行标准		40	2	6~9	0.4	10	0.3	1.5	40000	15	>2

表2 非功能区3个断面4年监测结果浓度均值、污染指数、分担率、总污染指数

监测点位	年度	COD	氨氮	pH	总磷	BOD	硫化物	氟化物	粪大肠菌群	高锰酸盐指数	溶解氧
沔阳河入汶处	浓度平均值	16.55	0.28	7.47	0.08	5.17	0.01	0.37	140.00	3.07	10.43
	污染指数	0.4138	0.1409	0.2363	0.2038	0.5170	0.0442	0.2493	0.0035	0.2045	0.1924
	分担率/%	18.76	6.39	10.71	9.24	23.44	2.00	11.30	0.16	9.27	8.72
	总污染指数	2.21									
光明河入汶处	浓度平均值	15.20	0.25	7.38	0.03	4.95	0.00	0.52	92.50	3.02	10.30
	污染指数	0.3800	0.1230	0.1875	0.0838	0.4948	0.0133	0.3467	0.0023	0.2013	0.1736
	分担率/%	18.94	6.13	9.35	4.17	24.66	0.66	17.28	0.12	10.04	8.65
	总污染指数	2.01									
迈莱河入汶处	浓度平均值	15.00	0.24	7.30	0.03	4.96	0.03	0.42	102.50	3.05	10.35
	污染指数	0.3750	0.1221	0.1488	0.0863	0.4958	0.0950	0.2827	0.0026	0.2033	0.1807
	分担率/%	18.82	6.13	7.47	4.33	24.89	4.77	14.19	0.13	10.21	9.07
	总污染指数	1.99									

### 3 饮用水水源地水质评价与富营养化分析

新泰城区主要水源地为金斗水库、光明水库、东周水库，其中东周水库为山东省环保厅监控点位，其他两个为市环保局监控点位。新泰市环境监测站委托北京市理化中心每年对水源地水质进行1次109项水质分析，检出项目纳入日常例行监测；水源地水质的评价采用单因子类别法判定，水质若有一项指标不达标，则该水源地为100%超标。依据最近4年新泰市饮用水源地环境质量报告，新泰市环境监测站所检测的31个项目中检测出14个项目，所有检测项目均未超标，新泰市集中式饮用水水源地达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准要求<sup>[5]</sup>。采用2009—2012年监测数据评价了3个水源地水质的富营养化程度；评价方法依据《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定》，评标指标：叶绿素a(chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸

盐指数(COD<sub>Mn</sub>)。

综合营养状态指数计算公式(3)<sup>[6~7]</sup>：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j) \quad (3)$$

式中：TEI(Σ) —综合营养状态指数；W<sub>j</sub> —第j种参数的营养状态指数的相关权重。TLI(j) —代表第j种参数的营养状态指数。

以chla作为基准参数，则第j种参数的归一化的相关权重W<sub>j</sub>计算公式(4)：

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (4)$$

式中：r<sub>ij</sub> —第j种参数与基准参数chla的相关系数；m —评价参数的个数。

湖泊(水库)的chla与其它参数之间的相关关系r<sub>ij</sub>及r<sub>ij</sub><sup>2</sup>见表3；式中：叶绿素a单位为mg/m<sup>3</sup>，透明度单位为m，其它指标单位均为mg/L。

表3 营养状态计算公式、湖泊(水库)部分参数与chla的相关关系r<sub>ij</sub>及r<sub>ij</sub><sup>2</sup>值

参数项目	Chla/(mg/m <sup>3</sup> )	TP/(mg/L)	TN/(mg/L)	SD/m	COD <sub>Mn</sub> /(mg/L)
r <sub>ij</sub>	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r <sub>ij</sub> <sup>2</sup>	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889
营养状态计算公式	TLI(chl) = 10 (2.5 + 1.086lnchl)	TLI(TP) = 10 (9.436 + 1.624lnTP)	TLI(TN) = 10 (5.453 + 1.694lnTN)	TLI(SD) = 10 (5.118 - 1.94lnSD)	TLI(COD <sub>Mn</sub> ) = 10 (0.109 + 2.661lnCOD)

依据表4中各评价指标参数，计算了东周水库、金斗水库、光明水库的综合营养状态指数，分别是15.60、16.61、17.05，属于贫营养状态，见表5。

表4 评价指标参数

断面项目	Chla/(mg/m <sup>3</sup> )	TP/(mg/L)	TN/(mg/L)	SD/m	COD <sub>Mn</sub> /(mg/L)
东周水库	4.7475	0.0225	0.88125	1.31	3.155
金斗水库	5.40	0.03	0.91	1.38	2.96
光明水库	5.48	0.03	0.89	1.37	3.25

表5 新泰三个水源地综合营养状态指数

断面项目	TLI(chl)	TLI(TP)	TLI(TN)	TLI(SD)	TLI(COD <sub>Mn</sub> )	TLI(Σ)	营养状态等级
东周水库	11.16	7.32	11.43	-10.15	6.70	15.60	贫营养
金斗水库	11.53	8.37	11.56	-9.93	6.62	16.61	贫营养
光明水库	11.58	8.37	11.47	-9.96	7.17	17.05	贫营养

### 4 地表水环境污染防治策略

新泰水环境水质整体上均达到《地表水环境质量标准》的相应标准，但是柴汶河水量季节变化大，水体自净能力差，部分企业污水排放不达

标；农村生活污水排放量的急剧增加、化肥滥用等农业农村污染源大量出现，柴汶河流域水环境的水质受到越来越严重的威胁；为了促进地表水水质持续改善，实现经济发展与污染物排放总量控制双赢的局面，应严格落实相应措施：

(1) 强化监管重实效：根据地表水环境水质评价，狠抓重点污染物排放治理；加大对企业环境执法力度，督促企业严格落实环保三同时制度，建立排污动态控制制度，确保排污企业污水处理设施正常运转。

(2) 调整结构重根本：优化产业布局，鼓励重点排污企业进行技术升级改造，淘汰落后产能，为经济发展置换水环境容量；严格环境准入制度，认真落实环境影响评价、“三同时”等制度。

(3) 夯实能力重基础：加快推进环保基础设施建设，尽快建成覆盖全市的乡镇污水处理厂，完善城乡污水收集管网；提高现有城镇污水处理厂运营水平，实现稳定达标排放。

(4) 部门联动重机制：提高水环境容量，积极与水利等部门合作，加强水库闸坝管理，协调水资

源分配,提高河流枯水季节自净能力;构建污染物浓度超标预警、水质污染应急机制,保障水环境质量安全。

参考文献:

- [1] 中国环保部办公厅. 地表水环境质量评价办法(试行) [S].  
[2] 彭文启, 张祥伟. 现代水环境质量评价理论与方法 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.  
[3] 汪万芬, 戈海玉. 六安市地表水环境质量评价及变化趋势分

- 析 [J]. 安徽建筑工业学院学报(自然科学版), 17, (2).  
[4] 陆雍森. 环境评价(二版) [M]. 上海: 同济大学出版社, 1999: 125-150.  
[5] 史修荣. 新泰市地表水环境质量报告书(2009-2012年度) [D]. 新泰: 新泰市环境保护局, 2013.  
[6] GB3838-2002. 地表水环境质量标准 [S].  
[7] 中国环境监测总站. 湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定 [S].

## Assessment of the Surface Water Quality in Xintai and Its Control Countermeasures

LIU Zheng-peng

(Xintai Municipal Environmental Protection Bureau, Xintai Shandong 271200 China)

**Abstract:** The surface water in Xintai is used for drinking water and irrigation, and receiving the wastewater effluent. It is composed of Chaiwen River Basin, Jindoushan Reservoir, Guangming Reservoir and Dongzhou Reservoir. Based on the monitoring data of 2009-2012, the water quality of the river basin and the three source water was evaluated by the methods of the synthetic and single pollution index, which included the average pollutant concentration, the contribution of the water pollutants, the pollution index and the eutrophication of the reservoirs. The feasible prevention and control measures are also proposed to protect the surface water environment.

**Key words:** surface water; water quality evaluation; control measure; Xintai Municipality

(上接第100页)

## Analysis and Evaluation of Outlets at the Provincial Water Environmental Functional Zones in Lincang Municipality

WANG Kai, ZHOU Huai-lan

(Lincang Division of Yunnan Hydrology and Water Resources Bureau, Lincang Yunnan 677000 China)

**Abstract:** Based on the monitoring data of the outlets flowing into the river in Lincang, the distribution and non-compliance of the outlets at the provincial water environmental functional zones were evaluated and analyzed. The equivalent pollution load of the outlets was calculated to study its impact on the water quality of the functional zones. It is proposed to supervise and manage the outlets which flow into the river.

**Key words:** provincial level; water environmental functional zone; outlet; analysis; evaluation; Lincang

# 昆明东郊垃圾填埋场渗滤水水质污染的评析

贝荣塔, 杨子枝, 刘朱燕, 陈露露

(西南林业大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:**通过对昆明东郊垃圾填埋场渗滤水水样进行采集分析,探讨了垃圾渗滤水水质污染现状及其污染特性。结果表明,渗滤水原液及经初步处理后水池水质电导率、溶解氧量、化学需氧量、氨氮量、全磷量、氟离子、氯离子均超标(V类)严重;pH值、浊度与叶绿素3项指标有不同程度偏高。垃圾渗滤水含盐量高、还原性物质多、水质表观差。渗滤水经最终处理后有多项水质指标得到明显改善,但有些指标(如氟离子、氯离子、氨氮量)仍然较高,未达到地表水V类标准。经综合评价分析,垃圾渗滤水原液、经初步处理后的渗滤水及最终处理后的渗滤水,其水质综合污染指数均远大于3.0,属重度污染水平,而当地水库的水质在清洁水平范畴,未受垃圾渗滤水污染。

**关键词:**垃圾填埋场;渗滤水;水质污染;综合污染指数;评析;昆明

**中图分类号:**X82 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)05-0105-06

随着经济的发展,城镇人口的增加,人们社会、生活水平的提高,生活垃圾的产生和增长速度都发展迅速<sup>[1]</sup>。生活垃圾不但污染环境,破坏城市的景观,而且还传播流行性疾病,甚至直接威胁着人类的生命安全。因此,如何解决城市垃圾的问题已迫在眉睫,城市生活垃圾的处理应遵循“无害化、减量化、资源化”的原则<sup>[2]</sup>。城市生活垃圾既是一种潜在的资源,但若处理不当,它无疑也是严重的环境污染源,其关键环节是对垃圾渗滤水的恰当处理。垃圾渗滤水中化学需氧量浓度高、氨氮浓度高,处理起来有一定难度。垃圾填埋场对环境的影响主要是对周围土壤的影响及垃圾渗滤水对地表水、地下水的潜在污染问题,所以一个不容忽视的问题就是垃圾渗滤水污染的控制与垃圾填埋场土壤的治理。由于垃圾渗滤水含有大量的氨氮、重金属、无机盐及有机污染物,而且浓度很高、成分复杂,已经成为地表水及地下水的潜在污染源,如果垃圾渗滤水得不到妥善处理,会穿透地表及地下土层,对周边地下水体造成严重污染<sup>[3]</sup>。据德国LANG报道,距离填埋场4 km下游的地表水,水质出现恶化;美国曾对18500个垃圾填埋场进行监测,发现约有一半填埋场对其周围水体产生污染;

中国兰州东盆地雁滩水源地,就因垃圾渗滤液的污染而废弃,西盆地马滩水源地部分水井报废<sup>[4]</sup>。因此,本研究选择城市垃圾填埋场渗滤水的污染问题具有一定现实意义。

## 1 样品采集与测试

### 1.1 研究区域概况

昆明市东郊垃圾填埋场位于昆明市官渡区阿拉乡白水塘村,距昆明市城区18 km,是昆明市利用世界银行贷款投资建设的一座规范的垃圾卫生填埋场,2004年5月城市管理重心下移后,划归官渡区城市管理局管理。自2001年5月1日投入运行以来,按照设计确定用回喷处理工艺进行垃圾渗滤液的处置,但是雨季期间回喷难以进行,导致出现渗滤液收集池积满外溢的紧急情况<sup>[5]</sup>。目前处理垃圾渗滤液的方法是将垃圾填埋场产生的垃圾渗滤液收集到一个处于低位的蓄水池中,用石灰等经过简单的消毒后,将垃圾渗滤液抽到傍边山坡上预先挖好的大蓄水池中,依靠自然挥发作用和土壤的渗滤作用处理垃圾渗滤液。现在昆明东郊垃圾填埋场已经封场,但其渗滤水仍受到继续监视和处理。

### 1.2 样品采集

昆明市东郊垃圾堆场渗滤水处理厂共设有4个水池,分别为渗滤水原液池(I区)、一级未过滤水池(II区)、二级未过滤水池(III区)、处理后渗滤水水池(IV区)(图1),并把当地水库作为V区。

收稿日期:2013-05-03

基金项目:云南省应用基础研究自筹经费项目(2010ZC090)。

作者简介:贝荣塔(1965-),男,汉族,广西人,副教授,主要从事土壤学、水土保持及环境生态等方向的教学与研究工作。



图1 研究区内渗滤水池分布图

分别在每个水池中随机采集4瓶水样，同时在当地水库采集3瓶水样作为对照。贴好标签，带回实验室，放在阴凉处，待测。但是，渗滤水中pH值、电导率、浊度、叶绿素、溶解氧(DO)5个水质指标是利用YSI多参数水质仪现场测定的。

### 1.3 实验室测试分析

在实验室对水样及时进行测试处理。利用离子色谱法测定水样中氟离子(F<sup>-</sup>)、氯离子(Cl<sup>-</sup>)、硝酸根离子(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>，以N计)、硫酸根离子(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)；利用微波消解化学容量法测定水样中化

学需氧量(COD<sub>Cr</sub>)；利用纳氏试剂比色法测定水样中氨态氮(NH<sub>3</sub>-N)；利用钼锑抗光度比色法测定水样中总磷(TP-P)<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 渗滤水pH值、电导率、浊度与叶绿素的分析

在5个采样区域现场测定了水质pH值、电导率、浊度与叶绿素等指标，这些物理指标所表征的意义各有不同。水体中正常的pH值范围一般为6~9，否则偏酸或偏碱，即酸污染或碱污染；电导率是水体矿化度指标之一，也与水中无机酸、碱、盐的量有一定关系，天然水的电导率多在50~500μs/cm，矿化水可达500~000μs/cm，含酸、碱、盐的废水往往超过10000μs/cm<sup>[7]</sup>；浊度与叶绿素指标是水体的表观特性，如遇洪水的地表径流则浊度值较高，可达500或1000NTU以上，轻者亦为100~500NTU，一般较洁净的地面水多在20NTU以下；而洁净透明的地面水通常叶绿素含量极低，但受污染的水体或水中生长大量水草、有大量浮游动植物的水体，其叶绿素含量较高。研究区域这4项指标见表1。

表1 渗滤水pH值、电导率、浊度与叶绿素含量

采样区域	pH值	pH值均值	电导率/(μs/cm)	电导率均值/(μs/cm)	浊度/NTU	浊度均值/NTU	叶绿素/(μg/L)	叶绿素均值/(μg/L)
I	8.44	8.45	18837	18980	81.1	88.4	65.9	73.0
	8.45		18933		86.8		72.0	
	8.46		19029		91.3		75.9	
	8.46		19122		94.3		78.1	
II	9.18	9.15	9566	9669	9.5	9.5	45.6	45.6
	9.15		9634		9.5		45.6	
	9.13		9706		9.5		45.6	
	9.13		9769		9.5		45.6	
III	8.76	8.79	6696	6698	148.1	149.0	268.8	263.0
	8.78		6697		148.1		262.4	
	8.80		6698		149.9		260.7	
	8.81		6699		149.9		260.0	
IV	8.80	8.79	1878	1875	1.6	1.1	1.0	0.9
	8.79		1877		1.1		1.2	
	8.78		1874		0.9		0.9	
	8.78		1871		0.7		0.5	
V	8.85	8.80	296	307	8.1	12.1	43.0	58.8
	8.75		341		10.4		53.1	
	8.80		285		17.7		80.3	

由表1可见，垃圾渗滤水原液(I区)以及暂时贮存经初步处理的渗滤水(II区、III区)，这4项水

质指标均较差，尤其电导率这一指标，原液中电导率超过了18000μs/cm，经初步处理后电导率在

10000 $\mu\text{s}/\text{cm}$  以下, 经最终处理后电导率在 1000 ~ 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ , 仍然较高。其余 3 项指标表明渗滤水也有不同程度的污染。当地水库的水质正常, 从这 4 项指标来看, 水库的水质未受垃圾渗滤水的影响。

## 2.2 渗滤水溶解氧量 (DO) 与化学需氧量 (COD<sub>Cr</sub>) 的分析

当水体受到有机物质、无机还原性物质污染

时, 溶解氧量 (DO) 很低, 大多在 2 ~ 3mg/L 以下, 许多鱼类无法生存; 化学需氧量 (COD<sub>Cr</sub>) 是水质综合性指标, 受还原性物质含量高低的影响, 还原性物质污染越严重, 化学需氧量就越高, 一般排放单位的污水三级标准限值 < 500mg/L。昆明东郊垃圾填埋场垃圾渗滤水的溶解氧量 (DO) 与化学需氧量 (COD<sub>Cr</sub>) 见表 2。

表 2 渗滤水 DO 与 COD<sub>Cr</sub> 的均值、组间差异及相关性分析表

采样区域	溶解氧量 (DO)			化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )			DO 与 COD <sub>Cr</sub> 的相关性	
	均值/ (mg/L)	F 值	Sig.	均值/ (mg/L)	F 值	Sig.	泊松相关系数	Sig.
I	0.87			2785				
II	1.34			2105				
III	1.65	18122.942	0.000	3082	268.075	0.000	-0.946**	0.000
IV	5.52			50				
V	6.27			13				
IV类水	≥3			≤30				
V类水	≥2			≤40				

表 2 中主要包括三方面的内容。一是 DO 与 COD<sub>Cr</sub> 的平均值和地表水标准限值的对比状况; 二是不同区域的水样各指标的差异状况; 三是 DO 与 COD<sub>Cr</sub> 的相关性分析。从表 2 可以看出, 渗滤水原液及初步处理的暂贮液 DO 很小, COD<sub>Cr</sub> 则很高, 说明还原性物质多、水质差。经最终处理后的水质, 化学需氧量还高于地表水 V 类<sup>[7]</sup> 标准, 但溶解氧量已大幅度提高, 接近当地水库的水质。经 SPSS 软件<sup>[8]</sup> 分析, 各采样区域间 DO 与 COD<sub>Cr</sub> 的差异性均达到显著性水平, 因相伴概率 (Sig.) 为 0.000, 远小于 0.05 显著性水平。DO 与 COD<sub>Cr</sub> 二者间有极显著的负相关关系, 因泊松相关系数为 -0.946\*\*, 相伴概率 (Sig.) 为 0.000。

## 2.3 渗滤水氨氮量的分析

氨氮量、总磷量是两个重要的水质污染指标, 在我国地表水水质标准限值中均列入, 故测定了垃圾填埋场渗滤水中氨态氮量和总磷量, 5 个采样区域的平均值变化状况见图 2。

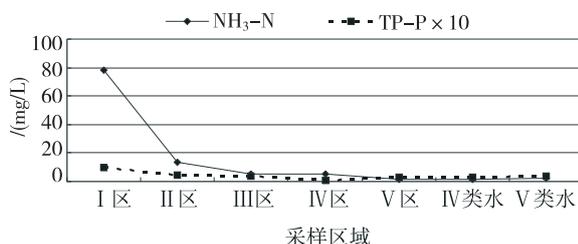


图 2 垃圾填埋场不同采样区域渗滤水氨氮、总磷量的变化趋势

由图 2 渗滤水氨氮量、总磷量的变化趋势可以看出, I 区 (即垃圾渗滤水原液) 氨氮量、总磷量污染都是最为严重的, 其次是 II 区、III 区, 平均含量都远高于地表水 V 类 (可用于农田灌溉用水) 标准<sup>[7]</sup>。而经最终处理后的渗滤水 (IV 区), 水质大为改善, 但氨态氮量仍处于较高水平。从图中也可以看出, 当地水库水氨态氮、总磷量很低, 不超过 IV 类水标准, 水质较好。通过利用 SPSS 软件处理, 即对 5 个采样区域水中氨氮量、总磷量进行多重比较, 结果见表 3。I 区水中氨氮量、总磷量与其余 4 区都有显著性差异, 因相伴概率 (Sig.) 为 0.000, 远小于 0.05 的显著性水平; 对于氨态氮来说, II 区水样仍显著高于 III 区、IV 区、V 区水样; 但对于总磷量来说, II 区后各采样区水质均无显著性差异。由于 IV 区、V 区水中氨氮量和总磷量非常接近, 甚至 IV 区水中总磷量比 V 区还低, 说明渗滤水处理效果非常不错。

## 2.4 渗滤水主要阴离子含量分析

对东郊垃圾填埋场不同采样区域的水样, 主要测定 4 种阴离子, 即 F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 在水质标准中, 氟离子 (F<sup>-</sup>) 有较严格的限值标准, 其次为硝酸根离子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), 其余 2 种阴离子的限值较宽。各水样 4 种阴离子含量见表 4。

由表 4 可见, 处理前后的 F<sup>-</sup> 均严重超过地表水 V 类标准, 应该值得特别注意的是经最终处理的水样 F<sup>-</sup> 含量比处理前要高得多, 可能与处理的试

剂二次污染有关,要查明原因,解决好这一问题。对于一般排污单位,污水排放  $F^-$  三级标准限值是  $20\text{mg/L}$ ,故 II 区、III 区符合排放要求。水质中  $Cl^-$  虽然不是需要特别管控的阴离子,但浓度还是不能太高,在研究区域中,垃圾渗滤水原液、初步处理的渗滤水均超标严重,是地表水 V 类标准的  $15 \sim$

$23$  倍,而经最终处理的渗滤水仍然超标  $2.5$  倍以上,应该进一步降低渗滤水中氯离子 ( $Cl^-$ ) 含量。至于垃圾渗滤水原液  $NO_3^- - N$  的含量刚刚超过地表水 V 类标准,经处理后在标准限值以下,而垃圾渗滤水的  $SO_4^{2-}$  含量没有超过标准限值,可不作为处理的对象。

表3 垃圾堆场不同采样区域渗滤水中氨氮量与总磷量的多重比较及方差分析

$NH_3 - N$	区域 (I)	区域 (J)	均值差异性 (I-J)	相伴概率/Sig.	TP - P	均值差异性 (I-J)	相伴概率/Sig.
LSD	I	II	65.01250 *	0.000	LSD	0.568000 *	0.006
		III	73.04500 *	0.000		0.639500 *	0.003
		III	73.38000 *	0.000		0.917500 *	0.000
		V	76.80667 *	0.000		0.690250 *	0.003
	II	III	8.03250 *	0.017		0.071500	0.689
		IV	8.36750 *	0.014		0.349500	0.066
		V	11.79417 *	0.017		0.122250	0.528
	III	IV	0.33500	0.912		0.278000	0.134
		V	3.76167	0.262		0.050750	0.792
	IV	V	3.42667	0.305		-0.227250	0.249
	各层次方差分析结果		$(NH_3 - N) F = 233.063$	Sig. = 0.000		$(TP - P) F = 7.525$	Sig. = 0.002

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

表4 不同采样区域水样中4种阴离子含量

(mg/L)

采样区域	$F^-$ 含量	$F^-$ 含量 均值	$Cl^-$ 含量	$Cl^-$ 含量 均值	$NO_3^-$ 含量 (以 N 计)	$NO_3^-$ 含量 (以 N 计) 均值	$SO_4^{2-}$ 含量 (以 $SO_4^{2-}$ 计)	$SO_4^{2-}$ 含量 (以 $SO_4^{2-}$ 计) 均值
I	17.05	21.20	5764.60	5847.32	27.29	25.34	77.48	81.23
	23.58		5656.48		24.71		78.36	
	22.53		5970.51		24.72		78.31	
	21.63		5997.70		24.65		90.77	
	5.56		3249.54		24.19		100.56	
II	5.71	6.14	3654.10	3668.74	23.26	25.17	90.42	96.46
	6.00		3884.38		23.59		97.78	
	7.28		3886.94		29.65		97.09	
	6.65		4352.13		10.59		61.99	
III	7.09	7.34	4559.16	4640.52	25.10	16.97	79.29	71.85
	7.72		4821.34		22.26		68.78	
	7.88		4829.45		9.94		77.32	
IV	112.50	112.75	664.24	676.78	4.97	6.27	未检出	未检出
	113.25		696.61		6.00		未检出	
	111.46		667.62		6.78		未检出	
	113.78		678.64		7.34		未检出	
V	0.40	0.39	32.23	32.38	2.91	2.91	35.63	35.44
	0.36		32.41		2.92		34.92	
	0.40		32.50		2.90		35.77	
地表水 V 类标准	$\leq 1.5$		$\leq 250$		$\leq 25$		$\leq 250$	

2.5 不同采样区域水质的评价

水质污染程度既取决于单项污染指标,又决定于综合污染指标。本研究选取了 6 个关键的水质污染指

标,应用内梅罗综合污染指数法,其计算过程为:

$$P_N = \{ [ (P_{ia})^2 + (P_{im})^2 ] / 2 \}^{1/2}$$

式中： $P_N$  为综合污染指数； $P_{ia}$  和  $P_{im}$  分别是平均单项污染指数和最大单项污染指数<sup>[9]</sup>。

综合污染指数共划分为 5 个污染等级： $P_N \leq 0.7$ ，清洁； $0.7 < P_N \leq 1.0$ ，尚清洁； $1.0 < P_N \leq 2.0$ ，轻度污染； $2.0 < P_N \leq 3.0$ ，中度污染； $P_N > 3.0$ ，重度污染。不同采样区域水质综合污染指数见表 5。

表 5 不同采样区域水质单项污染指数及综合污染指数表

采样区域	COD <sub>Cr</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP-P	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	综合污染指数
I	69.63	39.14	2.53	14.13	23.39	1.01	52.30
II	52.63	6.64	1.10	4.09	14.67	1.01	38.39
III	77.05	2.62	0.93	4.89	18.56	0.68	55.86
IV	1.25	2.45	0.23	75.17	2.71	0.25	54.02
V	0.33	0.74	0.80	0.26	0.13	0.12	0.63

由表 5 可以看出，I 区 ~ IV 区的水质综合污染指数均  $> 3.0$ ，属重度污染水平，只有 V 区（当地水库）的水质在清洁水平，说明垃圾渗滤水的水质污染还是相当严重的，即便是经最终处理的水样也没有达到减轻污染的目的，其主要原因是氟离子（F<sup>-</sup>）含量太高，其余水质指标已得到大幅度降低。当地水库的水质在清洁水平范畴，未受垃圾渗滤水的污染。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 昆明东郊垃圾填埋场渗滤水原液及经初步处理后水池水质电导率在 6000 ~ 19000 μs/cm，溶解氧量（DO）很小，化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）很高，pH 值、浊度与叶绿素 3 项指标也有不同程度的偏高，说明渗滤水含盐量高、还原性物质多、水质差。经最终处理后的水质，仍未达到地表水 V 类标准（农业灌溉用水）。各采样区域间 DO 与 COD<sub>Cr</sub> 的差异性均达到显著性水平，DO 与 COD<sub>Cr</sub> 二者间有极显著的负相关关系。

(2) 垃圾渗滤水原液氮磷污染最为严重，其次是经初步处理后水池水质氮磷污染仍然较严重，平均含量都远高于地表水 V 类。而经最终处理后的渗滤水，水质氮磷量虽大为降低，但仍处于较高水平。经统计分析，渗滤水原液氨氮量、总磷量与其余 4 个采样区都有显著性差异，II 区水样氨态氮仍显著高于 III ~ V 区水样；但 II 区后各采样区水质总磷量均无显著性差异，经最终处理后渗滤水的水质总磷量在 V 类水标准限值内，说明对垃圾渗滤水磷的去除效果很好。

(3) 处理前后的氟离子均严重超过地表水 V 类标准，且最终处理后的水样 F<sup>-</sup> 含量比处理前要高得多，可能与处理的试剂二次污染有关，II 区、

III 区符合污水排放氟离子三级标准限值。在研究区域中，垃圾渗滤水原液、初步处理的渗滤水氯离子均超标严重，是地表水 V 类标准的 15 ~ 23 倍，而经最终处理的渗滤水仍然超标 2.5 倍以上。至于垃圾渗滤水原液硝态氮的含量刚刚超过地表水 V 类标准，经处理后在标准限值以下。不同采样区垃圾渗滤水的硫酸盐含量均没有超过标准限值。

(4) 经综合评价分析，垃圾渗滤水 I ~ IV 区的水质综合污染指数均远大于 3.0，属重度污染水平，说明垃圾渗滤水的水质污染相当严重，即便是经最终处理的水样也没有达到减轻污染的目的，其主要原因是水质氟离子含量太高。当地水库的水质在清洁水平范畴。

#### 3.2 讨论

随着中国城镇化率的不断提高，人口密度势必进一步相对集中，城镇生活垃圾量将会与日俱增，生活垃圾的污染及其处理是世界性的难题。目前，采用填埋场处理生活垃圾只是处理方式之一。这种填埋处理方式，要占用大量土地，具有污染的垃圾渗滤水是其主要缺点。对垃圾渗滤水的处理，要科学、经济，且具有长期性，即便垃圾填埋场已填满封存了，但垃圾渗滤水仍不断流出来，需长期地监测处理。就昆明东郊垃圾填埋场的垃圾渗滤水而言，多项水质指标均严重超标。若不作科学处理，任其自流，对周边土壤、地表水、地下水都是严重的威胁。垃圾渗滤水经处理后，水质得到明显的改善，如水中电导率、溶解氧量、化学需氧量、氮磷水平、常规性阴离子等，其处理效果是明显的。但是，对处理后水质的氟离子却大幅增加，超标严重，应查明原因，给予纠正。

#### 参考文献：

- [1] 梁少博. 生物滤池处理垃圾渗滤液的实验研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2009.
- [2] 邱雪敏. 基于垃圾渗滤液生化出水特征的生物炭技术试验研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [3] 桑义敏, 谷庆宝, 孙体昌, 等. 城市垃圾渗滤液引发的环境污染问题与技术对策 [J]. 环境污染与防治, 2007, 7 (7): 54-58.
- [4] 杨秀敏, 张桂梅. 城市垃圾渗滤液对地下水的污染及防治对策 [J]. 山西水利科技, 2005, (1): 39-40.
- [5] 陈海蛟. 昆明市东郊垃圾填埋场渗滤液扩散的数学模型研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2006.
- [6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [7] 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英. 环境监测 (第 3 版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [8] 章文波, 陈红艳. 实用数据统计分析及 SPSS12.0 应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [9] 金艳, 何德文, 柴立元. 重金属污染评价进展 [J]. 有色金属, 2001, 29 (2): 100-104.

## The Analysis and Evaluation of Percolating Water Pollution of Eastern Suburbs Landfill Site in Kunming

BEI Rong-ta, YANG Zi-zhi, LIU Zhu-yan, CHEN Lu-lu

(College of Environment Science & Engineering, Southwest Forestry University, Kunming Yunnan 650224 China)

**Abstract:** In this paper, based on sampling and analyzing the percolating water of Eastern Suburbs Refuse Landfill Site in Kunming, the present situation and pollution characteristics of the refuse percolating water quality were discussed. The results showed that the conductivity, DO,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , TP-P,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  of the raw and preliminary disposed percolating water greatly exceeded the standards (Grade V). The pH value, turbidity and chlorophyll were higher than their normal values to different degrees. The salt content of the percolating water was higher, the reductive material was in large amount and the water had a poor appearance. After the treatment, several water quality indexes were improved. But some ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) were still higher, worse than the Grade V standards. The results of the comprehensive evaluation and analysis of the raw water, the preliminary treated and the finally treated percolating water showed that their pollution index was far more than 3.0. In other words, they were heavily polluted. However, the water quality of the local reservoir was still clean, without being polluted by the landfill percolating water.

**Key words:** landfill; percolating water; water quality pollution; comprehensive pollution index; evaluation; Kunming



## 《环境科学导刊》杂志

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：[ynhjkx@yies.org.cn](mailto:ynhjkx@yies.org.cn)；电话（传真）：0871-64142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》（原《云南环境科学》）创刊于1982年，是云南省环境保护厅主管，云南省环境科学研究院主办，全国公开发行的环保科技期刊。本刊主要刊登环境科学学术性论文、环境科研报告及介绍环境工程应用技术的文章。主要栏目有：科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等。适合所有从事环境保护工作的人员和大专院校有关专业的师生阅读，也可供规划、农、林、水、土、卫生等部门的有关人员参阅。

《环境科学导刊》为双月刊，每双月25日出版，全年定价60元。读者可通过邮局汇款到本刊编辑部或通过银行转帐到云南省环境科学研究院订阅。

### 邮局汇款

邮政编码：650034

汇款地址：昆明市西山区气象路王家坝23号

收款人：《环境科学导刊》杂志社

电话：0871-64142389

### 银行转帐

开户名：云南省环境科学研究院

开户银行：建行昆明市西园南路支行

帐号：53001615637050309169

E-mail：[ynhjkx@yies.org.cn](mailto:ynhjkx@yies.org.cn)

# 老经济开发区的环评经验

邱波

(湖南省环境保护科学研究院, 湖南长沙 410018)

**摘要:**以益阳沅江市经济开发区扩区环评为例, 围绕老经济开发区固有问题以及扩区的制约因素展开分析和评价, 提出解决方案, 找到发展和保护的平衡点。

**关键词:**工业园; 扩区; 环境影响评价; 益阳

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0111-03

2006年《国务院办公厅关于落实中共中央国务院关于促进中部地区崛起若干意见有关政策措施的通知》(国办函〔2006〕38号)提出加强中部地区现代装备制造及高技术产业基地建设, 推进工业结构优化升级, 鼓励工业项目向开发区集中。2011年《湖南省开发区调区和扩区暂行办法》(湘政办发〔2011〕15号)和《湖南省人民政府关于加快产业经开区体系建设的意见》(湘政办发(2011)25号)的出台, 为湖南省地区经开区建设提供了指导意义。

老工业园的环评经验前人也有总结<sup>[1~2]</sup>, 笔者在学习前人的基础上, 根据益阳沅江市经济开发区扩区环评中遇到的问题和难点, 就老经济开发区扩区环评的共性问题进行了探讨, 以期对同行有所帮助。

## 1 老开发区现状

2006年省政府批准沅江经开区规划面积为5km<sup>2</sup>(其中东部1.7km<sup>2</sup>, 到目前为止尚未开发利用; 西部3.3km<sup>2</sup>, 已开发1.7km<sup>2</sup>)。

根据现状调查, 目前经济开发区开发范围与2006年批准的沅江开发区范围发生一定变化, 除开批准的东部1.7km<sup>2</sup>区域未开发外, 经开区原规划批准面积外已经开发一部分, 本次拟将其调入经开区用地范围。在经开区西部园区南面约5km处的0.9km<sup>2</sup>规划为经开区——三眼塘镇赤塘区(南园), 目前没有利用开发。

## 2 存在的主要问题

(1) 供水水源。给水采用由沅江市一、二水厂供水, 供水水源为地下水, 导致城市地下水水位

下降, 存在环保隐患。

(2) 排水去向。沅江经开区现有污水直接排放到城市市政排水系统, 通过沅江市城市污水处理厂处理后排入资江分河, 然后进入万子湖。距离万子湖只有200m。由于万子湖是南洞庭湖的一部分, 属于南洞庭湖湿地与水禽自然保护区的缓冲区, 属于生态敏感区, 水质执行标准为地表水II类标准, 因此经开区污水排放口有环境风险。

(3) 与经开区规划、城市总体规划符合性。已经入园的28家企业中只有12家符合经开区调扩区产业功能布局, 入园企业总体布局分散、零乱, 没有按照行业集中布局; 目前经开区部分用地类型与《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划部分不符, 北面的工业用地在《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划中是居住用地。

## 3 调扩区变化情况

中心经开区东部调出1.7km<sup>2</sup>, 将经开区西部东北部原绿化用地调出, 核减0.7km<sup>2</sup>。根据沅江国土土地利用规划(2006—2020)再次核减0.13km<sup>2</sup>, 西部园区实际面积仅有2.18km<sup>2</sup>。根据现状实际开发情况调查, 至2012年开发面积已达3.72km<sup>2</sup>, 其中园区内1.26km<sup>2</sup>。而在园区外已开发2.46km<sup>2</sup>, 早已大大超出园区控制范围。本次调扩区对中心经开区进行调扩, 中心经开区扩区到6.09km<sup>2</sup>, 然后在中心经开区南面5km新增三眼塘镇赤塘经开区0.9km<sup>2</sup>, 变成一区三园, 沅江经开区总用地面积达到6.99km<sup>2</sup>。

## 4 项目的制约因素及解决办法

### 4.1 制约因素

(1) 石矶湖属于琼湖国家湿地公园的一部分, 且已无环境容量。资江分河为季节性往复河流, 7、8月份往北流向沅江, 其他月份往南流向资江, 因

收稿日期: 2013-06-19

作者简介: 邱波(1978-), 男, 湖南湘潭人, 湖南省环境保护科学研究院工程师, 兰州大学生态学硕士, 已发表论文多篇。

此中心经开区污水排入资江分河,距离北面南洞庭湖自然保护区只有2000m,存在环境风险。

(2) 经开区西面、北面、东面有自然保护区,水体敏感,原有城市污水处理厂排口直接排入自然保护区,选址不合理。经开区引入的企业中有食品加工等水型污染为特征的企业,并且在规划中有食品加工、纺织等水型污染的行业作为主导行业。

(3) 已经入园的28家企业中只有11家符合经开区调扩区产业功能布局,入园企业总体布局分散、零乱,没有按照行业集中布局。

(4) 沅江经济开发区位于沅江中心城区,根据现场调查,目前沅江经济开发区内居民用地与工业用地混杂,且调扩区范围周边的居民点较多。

(5) 沅江经济开发区调扩区规划基本符合《沅江市城市总体规划》(2011—2020)中期过渡规划,但与《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划不符。

#### 4.2 解决方案

##### 4.2.1 针对周边水体敏感问题

(1) 中心经开区污水经中心经开区污水处理厂处理达标后铺设专门的排水管网排入资江分河,最后进入万子湖,不得排入石矶湖,处理规模控制在 $2.2 \text{万 m}^3/\text{d}$ 。赤塘经开区污水经赤塘污水处理厂处理达标后通过专门的管道排入小黄家湖,经小黄家湖、大塘家湖、资江分河、资江最终进入万子湖,赤塘污水处理厂处理规模控制在 $0.4 \text{万 m}^3/\text{d}$ 。污水处理厂污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标准。

(2) 在中心经开区污水处理厂及其管网未建成之前,中心经开区维持现有企业现状,现有企业污水仍排往沅江市城市污水处理厂。待赤塘污水处理厂和中心经开区污水处理厂及其管网建成后,中心经开区西园枫杨路以南以及赤塘经开区才能新进企业。

(3) 经开区产业定位中食品行业和纺织行业中属于水型污染物为主的企业在经开区规划期(2012—2020年)内枫杨路以南区域不得布置,在2020—2030年内亦不得南迁至枫杨路以南区域。

(4) 加快沅江市城市管网建设,从而减少生活污水直接排入资江分河等水体。

##### 4.2.2 针对经开区以前企业入驻混杂问题

根据沅江市政府的承诺函,对中心经开区西园枫杨路以北区域以及东园保持现状,不再引进新企业,不再进行改扩建工程,从2020年到2030年按

照《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划初步搬迁或关停。

(1) 中心经开区西园枫杨路以北和东园共20家企业

其中中联重科股份有限公司沅江分公司、湖南明星麻业股份有限公司、湖南德天染织有限公司、沅江亿昌食品有限公司、沅江恒昌包装容器有限公司、辣妹子食品股份有限公司沅江食品厂、湖南三屹数码科技有限公司、沅江嘉顺利电子有限公司8家与经开区产业定位和功能分区符合,在经开区规划期2012—2020年可以保留,但不得改建或扩建。

沅江熔火机械有限公司、湖南飞涛专用汽车制造有限公司、沅江政华机械有限公司、沅江市子明机械有限公司、沅江市华文机械有限公司、沅江市经昌工贸有限公司、沅江市泰和机械制造有限公司7家企业不符合经开区功能分区,建议在经开区规划期(2012—2020年)内可以保留,但应逐步搬迁至枫杨路以南的相应功能分区内。

沅江博富新材料科技有限公司、湖南首玉生物科技有限公司、沅江赛龙造纸化学品有限公司、沅江市芝凤工程机械涂装有限公司、湖南大地中药饮片有限公司5家企业既不符合经开区产业定位,也不符合经开区功能定位,环评认为应该在经开区规划期2012—2020年完成搬迁或关停。

(2) 中心经开区西园枫杨路以南共8家企业

其中湖南中涛起重科技有限公司1家企业符合经开区产业定位和功能分区以及城市总体规划远期规划(2020—2030),予以保留。

浙江扬戈工程机械配套有限公司、湖南科至博机械有限公司2家企业与经开区产业定位和功能分区符合,在经开区规划期2012—2020年可以保留,但是与城市总体规划远期规划(2020—2030)不符,环评建议2020—2030年搬迁至城市总体规划远期规划(2020—2030)中的工业用地中去。

扬帆服饰有限公司、湖南新马制衣有限公司、湖南华世威电子有限公司3家企业不符合经开区功能分区,环评建议调整到经开区相应产业功能分区中去。

沅江金剑建材有限公司、沅江市通威饲料有限公司2家企业既不符合经开区产业定位,也不符合经开区功能定位,这2家企业环评认为应该在经开区规划期2012—2020年完成搬迁或关停。

(3) 拟入园企业华兴玻璃、中联中科2家

中联重科拟入驻南园赤塘经开区,符合经开区

产业定位和功能分区,符合经开区规划。

根据现场调查,经开区拟建项目华兴玻璃位于中心经开区西园南面,位于电子、新材料产业定位区域,与经开区产业定位和功能分区不符。因华兴玻璃现未开工建设,环评建议该企业另选址进行建设,其选址需符合沅江经开区规划与沅江城市总体规划相关要求。

#### 4.2.3 针对经开区规划与《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划不符的问题

(1) 因中心园区枫杨路以北和东园目前实际已经有较多企业在生产运行,考虑到经开区建设中心园区枫杨路以北和东园短期内无法符合《沅江市城市总体规划》(2011—2030)的问题,沅江市政府从实际情况出发将《沅江市城市总体规划》(2011—2030)专门就2011—2020年做了一个中期土地利用过渡规划,使得经开区规划符合城市总体规划。

(2) 沅江市政府出具承诺函,对中心经开区西园枫杨路以北区域以及东园保持现状,不再引进新企业,不再进行改扩建工程,从2020年到2030

年按照《沅江市城市总体规划》(2011—2030)远期规划初步搬迁或关停。

## 5 结论

(1) 洞庭湖区建设项目要大范围弄清区域水系以及相关的自然保护区、种质资源保护区等生态敏感区,计算容纳水体的环境容量,确定合理的排水去向。

(2) 园区内现有企业要逐个进行产业定位和功能分区等分析,按照一定时序进行关停、改造或搬迁。

(3) 当园区控制性详规与城市总体规划有时间上的不一致或部分不协调时,应根据实际情况提出分步实施城市总体规划或者调整园区控制性详规等措施。

#### 参考文献:

- [1] 张晟,李爱权,徐圃青,等.老工业区环评要点——以江苏常州钟楼经济开发区新闸工业园为例[J].环境科学与管理,2010,(7).
- [2] 李岩,杨慧春,王小虎.城市老工业区整体搬迁规划环评的关键问题[J].中国环境管理干部学院学报,2011,(4).

## The Environmental Impact Assessment of the Old Economic Zone

QIU Bo

(Hunan Environmental Science Academy, Changsha Hunan 410018 China)

**Abstract:** Taking the environmental impact assessment of the extension of the old economic zone in Yiyang as an example, the author discusses about the inherent problems of the old economic zone and the restrictive factors of its extension. The solutions are proposed to balance the development and protection.

**Key words:** industrial park; extension; environmental impact assessment; Yiyang

# 深圳市环境影响评价审批的 廉政风险防控对策研究

黄少彬<sup>1</sup>, 袁恒士<sup>2</sup>, 李彬<sup>2</sup>, 魏真<sup>2</sup>, 黄徽<sup>2</sup>

(1. 深圳环境科学研究院, 广东 深圳 518000; 2. 深圳市人居环境委员会, 广东 深圳 518000)

**摘要:**总结了我国在环评审批领域的研究现状, 分析了受理、审查评估、批复等具体行政行为过程中存在的廉政风险, 提出完善环境影响评价审批法律法规, 规范审批程序, 实现审批行为信息化、有痕化、打造“阳光审批”工程等审批廉政风险防控的对策。

**关键词:**环境影响评价; 审批; 廉政风险; 对策

**中图分类号:** X82   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0114-03

随着《环境影响评价法》等相关法律法规的实施, 环境影响评价在建设项目污染防治的基础性与全局性地位得以突现, 特别是党的“十八大”胜利召开后, 生态文明成为全面建成小康社会“五位一体”的重要组成部分。由此, 环境影响评价成为防治环境污染、把关产业发展、规划城市布局、建设生态文明的有力武器。政府部门对于环境影响评价审批职能, 更是控制污染源头的“控制闸”、维护群众环境利益的“杀手锏”、协调经济发展与环境保护的“调节器”。

## 1 现行环境影响评价审批现状

### 1.1 现行环境影响评价审批流程

现行的环境影响评价审批流程主要是通过受理申请人材料, 审查项目材料的真实性和条件性, 并审查项目建设是否符合法定要求和环保要求, 然后公示项目建设信息和环评信息, 在通过公众调查后, 出具审批意见, 分管领导审核后发出审批意见, 最后资料归档并发送到监管部门。

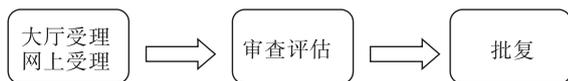


图1 环境影响评价审批流程

### 1.2 现行环境影响评价审批研究现状

目前, 在环境影响评价审批的风险防控中, 主要围绕着环境影响评价程序中的公众参与问题研究。汪劲<sup>[1]</sup>从我国《环境影响评价法》的相关规定出发, 结合国内外环境影响评价制度的对比, 提出从细化环评实施办法、程序、法律责任等方面,

提高公众参与力度; 王超、曾玉香<sup>[2]</sup>在环境影响评价公众参与方面提出了完善信息公开制度、选取具有代表性的参与对象、采用多种途径提高公众参与面等方式优化现有的公众参与方式; 林健枝<sup>[3]</sup>对香港环境影响评价中公众参与及咨询工作进行详细介绍, 也为我国的环境影响评价制度建设提供借鉴; 此外, 刘先树、李淑娟<sup>[4-5]</sup>等对公众参与人提出要求, 认为他们必须掌握科学的环境保护知识, 才会有主人翁的意识积极自觉地参与环境影响评价, 其意见也才具有较高的参考价值。

### 1.3 现行环境影响评价审批研究的不足

一直以来, 对于现行环境影响评价审批的研究仅停留在如何加强公共参与程度方面, 但整个审批程序, 不仅公众参与才是唯一需要提升和改善的环节。从环评审批机制与制度的建立, 到环评审批人员个人的素质, 再到环评审批岗位权利的配置、权利监督力度、信息公开程度等方面, 均有机会为廉政风险发生提供条件, 成为腐败温床。因此, 理顺环评审批环节, 深入分析可能存在的廉政风险, 才能更好地履行环评的职责, 充分发挥公众参与作用, 为我国生态文明建设保驾护航。

## 2 深圳市环境影响评价审批廉政风险分析

环境影响评价审批是建设项目进入市场的第一道环保“关口”, 是市场准入的重要门槛, 同时也是滋生腐败的高发领域。从环评编制、现场勘察、项目审批、环保工程设计到竣工验收要经历相当长的时间, 涉及多个环节。如果信息不透明, 或职权不清晰, 或监管不到位, 都将可能产生廉政风险。

### 2.1 受理过程的廉政风险分析

深圳市建设项目环境影响申请人在市民中心行政服务大厅环保审批窗口提交《深圳市建设项目

收稿日期: 2013-05-31

作者简介: 黄少彬, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境科学与影响评价。

环境影响审批申请表》以及其他相关材料后，环评审批相关主管部门正式受理该项目审批。但是，可能出现人为情况，未按相关规定或程序审查材料，或者故意刁难申请人导致申请不能顺利进行。

### 2.2 审查过程的廉政风险分析

受理后的建设项目，在项目审查过程中，可能发现不符合审查要求的情况或项目存在环境敏感问题、存在环境隐患而隐瞒不报的；在公示项目时，会存在对公众合理的反对意见不予采纳或隐瞒不报等现象。这些有可能成为廉政风险产生点。

### 2.3 批复过程的廉政风险分析

在出具审批意见时，可能存在遗漏或者忽视重大环境问题，提出不符合审批原则、审批条件、技术规范和法律法规的审查意见；在领导审核时，可能会出现提出不符合审批原则、审批条件、技术规范和法律法规的修改意见；在发出审批意见时，可能产生不按集体审议要求出具批复文件的情况；在资料归档并发送监管部门时，可能发生档案管理过程中档案的遗失情况。

## 3 优化环境影响评价审批廉政风险防控措施

### 3.1 环境影响评价审批法律法规建设

环评审批的法律法规建设具有根本性、全局性、稳定性和长期性。在廉政建设过程中，必须通过深入查找现有环评审批制度存在的缺陷，着重从

审批管理的法律法规、行政许可程序等方面进行整改落实，建立环评审批管理全过程的法律法规体系，为环保工作走出“执法成本高、守法成本高、违法成本低”的困局提供有力的法律武器，使环评审批依法行政有强力的约束和保障。

### 3.2 环境影响评价审批程序规范建设

通过严格规范环评审批程序，构建环评审批层层负责制管理体系。为充分发挥民主决策、科学决策、集体决策，防止由于审批人员自由裁量权过大导致项目审批不当带来的严重后果，对于一般项目，审批员签批意见后，报分管处长签批；对于重大项目，分管处长签批后，还要报分管委主任进行签批。

### 3.3 环境影响评价审批信息化、有痕化建设

一是建立项目建设信息数据库。实现相关报告、监测数据、现场图片数据上报，历史系统管理等各类数据保存，随时可以对审批工作进行监督检查。二是建立项目地理信息系统。明确项目所处的生态线、水源保护区、水、大气、声环境功能区等信息，最大程度限制管理人员的自由裁量权。三是完善项目从审批到验收各环节及时监督和跟踪制度。对各环节经办人和结果进行记录，归档相关报告与文件，对于任务逾期、过期等事项生成预警任务，提醒相关责任人；对任务进行督办，生成督办任务到相关责任人，督促责任人办理。

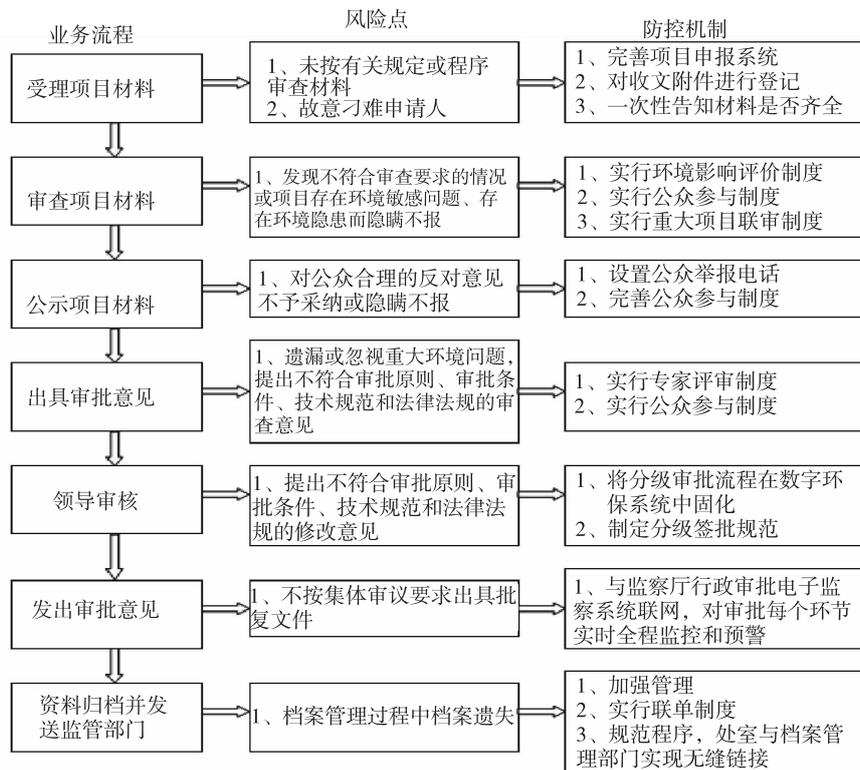


图2 建设项目环境影响评价审批廉政风险防控分析

### 3.4 实行环保信息政务公开制, 打造“阳光审批”工程

(1) 重点打造网上审批服务平台。建立网上审批服务系统, 企业通过该系统可以进行网上咨询、申报、查看审批进展和结果。在申报时, 企业只需在网上填写和递交申请材料, 其他审批环节如初审、审核和领导批准均通过网上流转完成, 做到“一站式”办公和“一条龙”服务, 提高审批效率, 增强审批透明度。

(2) 全面实施信息和政务公开。将环评审批和验收所需材料、依据、条件、程序、细则、时限、结果等信息在相关网站上进行公开, 切实做到环评审批和验收“三公开”: 办事程序时限一律公开, 准入审查条件一律公开, 审批办理结果一律公开。使得行政许可的全过程都在广大群众的监督下进行, 确保行政许可权力在阳光下运行。

(3) 实行环评审批和验收全过程公众参与制。在行政许可中逐步推行公众参与制, 完善公众参与

机制, 特别是环境影响重大项目的审批和验收过程, 除网上公示外, 还应组织人大代表、政协委员和专家、群众代表等开展听证会和座谈会, 广泛听取公众意见, 确保建设项目从环评审批到验收的全过程信息公开和公众参与, 保障公众的环境利益, 让建设项目环评审批时时刻刻处在广大群众的监督之下。

#### 参考文献:

- [1] 王劲. 环境影响评价程序之公众参与问题研究——兼论我国《环境影响评价法》相关规定的施行 [J]. 法学评论, 2004, (2): 107-118.
- [2] 王超, 曾玉香. 环境影响评价中公众参与的问题和对策探讨 [J]. 环境科学与管理, 2010, 35 (2): 191-194.
- [3] 林健枝. 香港环境影响评价的公众参与及咨询工作 [J]. 中国环境科学, 2000 (20): 20-24.
- [4] 刘先树. 浅论中国环境影响评价之公众参与制度 [J]. 成都大学学报 (教育科学版), 2008, 22 (12): 127-129.
- [5] 李淑娟, 牛晓君. 中美环境影响评价制度中公众参与的比较研究 [J]. 环境科学与管理, 2007, 32 (12): 176-178.

## Corruption Risk Control in the Review and Approval Process of the Environmental Impact Assessment in Shenzhen

HUANG Shao-bin<sup>1</sup>, YUAN Heng-shi<sup>2</sup>, LI Bin<sup>2</sup>, WEI Zhen<sup>2</sup>, HUANG Hui<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Environmental Science Academy, Shenzhen Guangdong 518000 China)

**Abstract:** This paper summarizes the research of the review-approval process in the environmental impact assessment. The corruption risk is analyzed during the administrative procedures from application permission, review and evaluation to approval. It is proposed to improve the relative laws and regulations, standardize the review and approval procedure, make such administrative behavior being informative and traceable, and implement the “open review-approval” projects.

**Key words:** environmental impact assessment; review and approval; corruption risk; countermeasure

# 加大云南省环评市场培育力度以 促进环评行业良性发展的建议

薛寒锋, 孙宇红, 杨美临

(云南省环境工程评估中心, 云南 昆明 650032)

**摘要:**“十二五”期间云南省经济发展战略对环评行业提出了更高的要求,但云南省环评从业人员较少、环评机构内部体系建设不完善、环评市场运行机制体制不健全等现状严重地制约了环评行业的良性发展。为了更好地发挥环评对经济良性发展的“杀手铜”、“控制阀”、“调节器”作用,必须采取系统的解决方案,加大市场培育力度,理顺环评市场中各利益方关系,建立健全环评市场监督机制,有效提高环评质量,确保环评有效性和公正性,提升环评应对特定时期社会发展迫切需求的及时性和相应力度。

**关键词:** 环评; 市场; 培育; 问题; 建议; 云南

**中图分类号:** X82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0117-04

自1979年我国实施环境影响评价制度以来,环评行业在不断得到社会各界重视的同时,也承接了越来越重的压力,成为博弈经济发展和环境保护的重要一环,而环评行业的管理更是在实践中不断摸索前进。早在1986年6月原国家环境保护局颁布的《建设项目环境保护管理办法》中就指出,从事环境影响评价工作的单位必须持有建设项目环境影响评价证书,但最初的环评编制单位大多为高等院校、环境保护科研单位、设计单位等,环评具有较强的计划经济背景下的行业特点,专项性和指向性较强,技术优势无法交叉配合,不能有效刺激环评的市场化需求,更不能形成市场经济下良性竞争的监督管理模式。2005年之后,原国家环境保护总局颁布了《建设项目环境影响评价资格管理办法》,推行了职业环评工程师制度,标志着环评工作的市场化运作开始全面推进。但从目前环评行业的社会反映来看,环评市场运作不规范、不健全,环评的有效性受损、公正性偏离的问题还普遍存在,如何立足科学发展观从市场经济发展的客观入手,解决环评经营及监督管理与市场化运作的良好结合,是提高环评质量和效率的根本途径。

## 1 云南省环评市场现状分析

目前云南省具有甲级资质的环评单位仅有2家、乙级资质环评单位有31家;具有报告书编制资格的单位仅有15家,且资质类别较为单一;多数环评单位集中于昆明市,云南其他州市的环评单

位一般为地方环保局下属的环境科学研究所或环境监测站,通常仅具备编制报告表的环评资质,无法承担省级审批项目的环评文件编制。同时,云南省仅有198人持有环境影响评价工程师执业资格证,有925人持有环评岗位证书,其中还有大量人员存在证书挂靠现象。据初步统计,近年来由云南省环保厅负责审批的建设项目环评文件约400个/年,全省环保系统审批的建设项目环评文件有几千份,现有环评从业者数量尚存在很大缺口。

此外,从环评单位的类型来看,云南省近一半的环评单位还具有事业单位形式,存在或早或晚与事业单位脱钩的问题,而很多州市唯一的环评单位则为隶属于环保系统的环境保护研究所或环境监测站。这些隶属于环保系统的环评单位的出现是现有机制体制的产物,它们与环评审批部门之间往往存在非单纯的“运动员”和“裁判员”的关系,这种隶属关系的存在以及由此带来的某些天然优势通常被其他环评单位所艳羡。单纯从市场运作条件来说,这种天然优势是不公平的,因为这些环评单位在环评相关专业及人员的配备上较齐全、环保相关信息掌握上及相关资料的获取上更便捷,即使不去环评市场招标,一些建设单位也会自动找上门来委托其进行环评。但一方面,这些单位具有为政府和公众服务的职能,不会单纯将获取利润作为环评工作的唯一目的,也不会过多为企业的利益考虑,是可以站在环保部门角度客观环评的一支力量;另一方面,在市场化的竞争中,这些单位的资金使用不灵活,员工的积极性有时难以调动,并且很难以低

价和环评企业竞标,在一定程度上可以保证环评质量。

从以上分析不难看出,云南省环评市场不但存在人员少、单位少的特点,一些能够帮环保部门“啃骨头”的环评单位与环评审批部门又存在着隶属关系;同时,许多具有编制省级审批权限环评文件的环评单位由于单位性质和依托关系,在“十二五”期间均面临着从事业单位中脱钩的问题,整个环评市场发展的未知因素还很多。

## 2 云南省环评市场亟待解决的问题

### 2.1 经济发展迫切要求与环评市场不健全的矛盾

2011年云南省有两大事件对确定云南省经济发展定位及发展方向意义重大:一是2011年5月6日国务院发布的《国务院关于支持云南省加快建设面向西南开放重要桥头堡的意见》(国发〔2011〕11号),其中提出的16大战略目标进一步明确了云南省在全国经济格局中的定位以及云南经济发展的优势和特色;二是云南省第九次党代会确定的“四个翻番”(即生产总值、人均生产总值、财政总收入、全社会固定资产投资比2011年翻一番以上)、“两个倍增”(城镇居民人均可支配收入和农民人均纯收入在2011年基础上倍增)计划成为“十二五”期间全省宏观经济调控的主基调。这种经济发展的定位决定了“十二五”期间环评工作量将随之翻番,而从“十一五”的发展基础看,以固定资产投资拉动经济增长的发展模式在云南省还很难得到改变,以“高耗能、高污染、资源性”为第二产业主要特点的经济增长模式也很难得到快速扭转。在这种背景下,如何以环评从业人员少、单位少的现状来应对经济快速增长对环评质量和效率提出的更高要求,将成为云南省环评市场亟待解决的首要问题。此外,在市场化运作中很多环评机构存在内部体系建设不完善、专业分工细化不足、人才队伍不稳定、行业负责人缺乏等问题,这些都是市场化运作不完备的侧面反映。由此导致了环评文件编制水平不高、评价的针对性和适用性不强、环评工作进度严重滞后等一系列表征性的矛盾和问题的涌现。

### 2.2 “客观、公开、公正”的环评原则与以盈利为环评立足点之间的矛盾

在市场经济浪潮的推动下,环评不乏被某些单位视为一种缔结关系、创造财富的工具,而环评的立足点由“客观、公开、公正”的原则转为纯粹的以盈利为目的行为,伴随而来的是恶性的低价竞争、环评中间商的出现、借证及挂靠资质、项目转包、超越资质范围承接项目、内部审核和管理不严

等多元化市场运作问题的涌现。有时候各种问题呈现环环相扣的局面,严重地丧失了环评应有的原则和服务于经济社会发展的功能。在这种立足点下所编制的环评文件无法客观、公正地评价建设项目可能带来的环境影响,其结果极大程度影响了技术评估及行政审批效率及质量的提升。在实际工作中,某些项目环评文件的技术评估历时三年,评审会开了几次,而收到的环评文件还是要不断退回修改;还有些项目已经开工建设或已建成,环评单位不反映实际情况,仍套搬项目工程可研内容,造成环评中工程概况及工程分析与实际情况严重不符等问题。这些现象的出现导致环评无法对宏观经济建设起到科学决策支撑作用,也无法对微观环境起到监督管理作用。此外,因环评质量问题导致技术评估或行政审批时限相应延长,直接影响了审批部门的限时办结及建设单位项目顺利开工,由此往往会带来各方对于环评工作本身的不理解或对环评技术评估单位及环评审批部门工作效率的质疑。

### 2.3 现有环评监督体制与环评市场多元化表现模式之间的矛盾

目前,建设单位多以招投标形式寻求合适的环评单位,这是适应社会主义市场经济体制要求的操作模式,但是环评招标工作的完成并不意味着整个环评工作的结束。在委托环评之后,若要环评单位确保环境影响报告书的编制质量,除了环评单位内部的质量控制外,离不开第三方即环保行政主管部门的监督管理。而就这种外部监管来说,环评法的颁布不过10年,《建设项目环境影响评价资质管理办法》的实施也仅为6年,对于很多环评市场涌现的新现象及新问题,尚无法一一规范,例如对于规划环评资质管理的相关办法尚属空白,对于环评市场化运作过程中出现的低价竞争、环评中间商等多元化表现形式也无从监督;同时,受机构人员编制的限制和现有机制体制的限制,环评审批部门很难对环评招投标之后的全过程实施监管,在环评单位的年度考核中也缺乏公众意见作为参考等。

## 3 解决环评市场突出矛盾的建议

环评产业化、市场化的形成是具有外部激励条件的,在时代赋予大的发展背景下,环评中各种问题的出现是具有必然性的,但其演变发展又呈现多元化的特征,不具备完全定格的表现形式。因此,在问题的解决方式上,必须要找准根源、识别途径、理顺关系和脉络,通过有效的“硬化内部条件、强化外部监督”的措施,以达到标本兼治的目的。

### 3.1 以“多交流、创平台”的措施,强大环评队

伍，加大环评人员培育力度

针对云南省环评单位少、人员少、素质不高的现状，我们提出采取“多交流、创平台”的措施加强人才选育和培养力度。环评单位可以与设置环评相关专业的高校进行主动、积极、广泛的交流和合作，有效吸引人才、考察纳新、充实环评队伍。另外，加大环评的研讨和培训力度，通过联合平台的搭建，增加国家、其他省份环评评估单位、环评研究机构、环评单位的交流机会，增强对环评从业者的培训力度，通过定期的交流和有主题的培训，强化环评队伍素质、丰富环评经验。

3.2 以“广宣传、营氛围”的措施，增强环评意识，营造环评市场化氛围

针对现有监管机构及机制体制单一化与环评在市场化运作中多元化的表现形式之间的矛盾，我们提出要创造良性竞争的市场环境和规范化的市场运作条件。首先，以媒体为突破口，加强义务宣传和主动宣传力度，畅通环评渠道，解决建设单位不清楚如何委托环评的瓶颈，将环评的委托模式变成大众所知的常识，杜绝环评中间商与环评单位的暗箱操作。其次，增强环评单位的责任意识，出台环评管理的地方性法规，从制度上约束环评市场中不规范的行为。再次，在环评资质延续、业务评定过程中，采取群众共投、信息公示的形式，广泛征求各方意见，将其以相应比重落实到最后的考量评分中。

3.3 以“强联合、重监管”的措施，强化环评市场监督体制建设

有效的第三方监督和监管是强化环评产业健康发展、环评市场正常运转的核心所在。随着市场经济体制改革的不断深入，环评的监督管理制度在实施开展过程中应适应形势的需要进行必要的调整和完善，这对于提高我国环评制度的有效性具有重要的意义。在经济飞速发展的同时，环境保护行政主

管部门在工作中不得不面对越来越大的来自协调发展和环保之间关系的任务和压力。以单一的行政主管部门、力量和精力有限的管理人员、一成不变的管理模式来应对整个环评市场化行为之下多元化的矛盾和问题，可以说，这种任务是难以完成的。因此，我们需要站在时代的前沿，用前瞻的目光解决发展中出现的问题。通过建立和联合各级环保部门的力量，形成纵向联系的环评监管能力建设网；同时，积极发挥各级评估机构的力量，发挥其在环评管理中监督员、培训员、分析员的第一哨卡作用，从而更有效地增强环评监管能力建设网的韧度及抗腐、抗压能力，并有效营造强化管理的氛围，强化环评监管的横向监督职能及效力。

#### 4 结语

在云南桥头堡建设过程中，“省第九次党代会”确定的“四个翻番”、“两个倍增”的宏观经济调控的主基调必将对环评提出更高的要求。同时九代会重点提出“生态立省、环境优先”的发展理念，并强调要“强化环境影响评价”。在此情形下，为了有效通过环境影响评价制度提高资源利用效率，优化资源配置，降低环境影响，维护生态安全，促进决策的科学化与民主化，同时解决环评市场化进程中遇到的种种矛盾和问题，应加大市场培育力度，加强环评监督管理，促进环评市场良性发展，并且在监管和培育之间寻求制衡点，以避免无导向的培育引起市场混乱，更要避免过度的监管替代或干扰市场。这不仅是未来环评管理的新命题，也是真正落实环评对经济发展的“杀手锏”、“控制阀”、“调节器”作用，以确保经济发展“量质双提”的重要举措。

#### 参考文献：

- [1] 任景明, 刘磊, 张辉, 等. 系统解决环评委托代理和环评审批中公正性问题的建议 [J]. 中国环境管理, 2009, (3): 6-12.

## The Recommendations to Develop Well-Functioning Environmental Impact Assessment

XUE Han-feng, SUN Yu-hong, YANG Mei-lin

(Yunnan Environmental Engineering Evaluation Center, Kunming Yunnan 650032 China)

**Abstract:** In the “12th Five-Year Plan”, the development strategy of Yunnan economy makes a higher claim for Environmental Impact Assessment (EIA) business. However, there is a shortage of EIA professionals in Yunnan, and the internal system of the environmental assessment organization is undoubtedly incomplete, and the operation mechanism of EIA market is imperfect as well. All this restricts the positive development of EIA business. In order

to make EIA play as a “powerful weapon”, “control valve” and “adjuster” in the economic development progress, the systematic solutions need to be taken and the EIA market is to be further developed and better supervised. The relationship of different stakeholders of EIA must be realigned and well balanced. The quality, effectiveness and fairness of EIA should be guaranteed.

**Key words:** environmental impact assessment; market; cultivation; problem; recommendation; Yunnan



## 《环境工程》杂志

中国自然科学中文核心期刊 中国环境科学类核心期刊  
中国科技论文统计源期刊

《环境工程》是由中国钢铁工业协会主管，中冶建筑研究总院有限公司和中国环境科学学会环境工程分会主办，国内外公开发行的国家环境保护科技刊物。创刊于1982年，是我国跨地区、跨行业的环保应用型、工程类的杂志。主要报道冶金、石油、化工、电力、市政、煤炭、制药、轻工等行业的污染防治治理工程技术、科研成果、综合利用及清洁生产技术、新工艺、新设备、新材料和国外环保信息等。

《环境工程》集实用性、先进性、学术性及国内外环保信息于一体。主要栏目有：水污染治理、烟气污染治理、固废处理、噪声治理、监测与评价、新型材料与设备、环保信息、经验交流等。

《环境工程》为月刊，大16开本，双月22日出版，每期定价15.00元，全年12期共180.00元（包括邮费）。欢迎读者到当地邮局订阅（邮发代号82-64），也可通过银行或邮局汇款直接向编辑部订阅。

在线投稿：<http://hjgc.cbpt.cnki.net>

广告许可证：京海工商广字8231

地址：北京市海淀区西土城路33号《环境工程》编辑部

邮编：100088

电话：(010) 82227638（编辑）/7236（发行）/7677（广告）

E-mail: [hjgctg@163.com](mailto:hjgctg@163.com)

# 气相色谱法、气质联用法测定土壤中多氯联苯

杨素娜, 陆 华

(上海市嘉定区环境监测站, 上海 201822)

**摘要:** 采用快速溶剂萃取法提取土壤中的 7 组多氯联苯 Aroclors 系列, 经弗罗里硅土柱净化, 用气相色谱/电子捕获检测器法 (GC/ECD) 和气质联用法 (GC/MS) 进行测定。当取样量为 20g 时, GC/ECD 法和 GC/MS 法的检出限分别为 0.28 ~ 0.87  $\mu\text{g}/\text{kg}$  和 0.62 ~ 1.35  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。两种方法的基体加标回收率在 79.6% ~ 103.6%, 相对标准偏差 < 9.0%。利用该方法分析 Aroclor 有证土壤标样, 结果满意。GC/ECD 法的准确度和精密度略优于 GC/MS 法, 因此实际土壤样品 Aroclors 分析中, 建议以 GC/ECD 的定量结果为准。

**关键词:** 多氯联苯; 气相色谱/电子捕获检测器法; 气质联用法; 土壤

**中图分类号:** X83    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0121-04

多氯联苯 (Polychlorinated Biphenyls, PCBs) 是联苯苯环上的氢原子被氯取代所形成的氯化物, 共有 209 种单体。Aroclors 是多组分 PCBs 商业混合物。PCBs 具有高毒性, 高致癌、致畸性, 是《斯德哥尔摩公约》第一批确定的持久有机污染物之一<sup>[1,2]</sup>。尽管 20 世纪 70 年代就禁止生产和使用, 但全球已生产出 130 万 t 多氯联苯, 目前在海水、河水、水底质、土壤、大气、水生生物、野生动植物及人乳和脂肪中均发现其污染<sup>[3]</sup>, 因此对其加强监测和研究是非常必要的。

土壤中多氯联苯的测定尚未制订相应的国家标准, 常用的测定方法有气相色谱法 (ECD 检测器)<sup>[4]</sup> 和气质联用法 (GC/MS)<sup>[5]</sup>。然而, 在实际土壤样品分析中, 当基体较为复杂时, 有些干扰组分与 PCBs 单体未能完全分离, 此时单柱 ECD 检测器利用相对保留时间定性容易产生假阳性结果。双柱 ECD 检测器虽然采用不同极性的色谱柱分离样品, 能提高定性的可靠性, 但是并不能完全排除假阳性判断。对于气质联用法, 其利用特征碎片离子质荷比的信息, 定性功能比 ECD 强, 定性结果更为可靠。本文结合以上测定方法, 以土壤中 7 组 Aroclors 为分析对象, 在 EPA8082A<sup>[6]</sup> 分析方法的基础上, 采用快速溶剂萃取法萃取, 经弗罗里硅土柱净化除去干扰物质, 用气相色谱法 (ECD 检测器) 和气质联用法进行测定, 方法操作简单, 定性和定

量的结果更可靠、更准确。

## 1 试验部分

### 1.1 主要仪器和试剂

Agilent 6890N 型气相色谱仪, 包括电子捕获检测器, HP-5 毛细管色谱柱 (30m  $\times$  0.32mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ); Agilent 7890/5975 气相色谱质谱联用仪, DB-5MS 毛细管色谱柱 (30m  $\times$  0.25mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ); one PSE 加速溶剂提取仪; Caliper TurboVap II 氮吹仪; 弗罗里硅土小柱 (6ml, 1g, Silicycle 公司)。

**标准溶液:** Aroclor1016、Aroclor1221、Aroclor1232、Aroclor1242、Aroclor1248、Aroclor1254、Aroclor1260、十氯联苯标准溶液, 溶于正己烷, 浓度均为 1000mg/L, AccuStandard 公司。无水硫酸钠, 农残级, Sigma Aldrich 公司, 使用前于 300 $^{\circ}\text{C}$  烘 2h。正己烷、二氯甲烷, 色谱纯, Tedia 公司。

### 1.2 快速溶剂萃取

准确称取 20g 土壤样品和 1g 铜粉, 混合均匀, 转移至 33ml 的萃取池中。在样品顶端铺上约 2cm 厚的石英砂, 在萃取池出口处垫上玻璃棉。萃取溶剂为二氯甲烷, 萃取条件为: 炉温 100 $^{\circ}\text{C}$ , 压力 80bar, 静态提取时间 10min, 静态提取次数 2 次, 氮气吹扫 2min。

待萃取结束后, 用干燥过的足量无水硫酸钠过滤提取液, 提取液经氮吹仪浓缩至约 1.0ml, 向收集瓶中加入 10ml 正己烷, 再次浓缩至 1ml, 此过程重复三遍, 溶剂转换为正己烷, 备净化用。

### 1.3 净化

若萃取液的色度较深, 则需要经弗罗里硅土柱

收稿日期: 2013-03-15

作者简介: 杨素娜 (1984-), 女, 硕士, 助理工程师, 上海嘉定区环境监测站工作, 从事有机物分析。

净化。①柱活化：加入 5ml 正己烷，缓慢开启活塞，当有数滴正己烷流出后，关闭活塞，使正己烷浸润弗罗里硅土约 5min。缓慢打开活塞，当硅土层顶端剩余约 1mm 正己烷时，关闭活塞。②上样：将上述正己烷浓缩液转移至小柱上，控制流速约 1ml/min，待液面降至距硅土层表面约 1mm 时，关闭活塞。③洗脱：加入 5ml 丙酮/正己烷 (5/95, v/v)，浸润 1min 后缓慢打开活塞，控制流速约为 1ml/min，收集全部洗脱液，经氮吹仪浓缩，转换溶剂为正己烷，定容至 1.0ml 备测。

#### 1.4 仪器条件

GC/ECD 条件：载气为氮气；进样口温度 205℃；不分流进样；进样量 1μl；柱流量 1.5ml/min；柱箱程序升温：150℃ 保持 0.5min，以 8℃/min 升至 240℃，再以 3℃/min 升至 270℃，保持 8min；检测器温度为 320℃。

GC/MS 条件：载气为氮气；不分流进样；进样量 1μl；柱流量为 1.0ml/min；柱箱升温程序同 GC/ECD；电离方式为 EI；电离能量 70 eV；离子源温度 230℃；接口温度 280℃；四级杆温度 280℃；质量扫描范围 35~500 amu；溶剂延迟 4.0 min；选择离子扫描模式 (SIM)。

SIM 扫描条件：Dwell 为 50msec。目标是使每个峰通过 15~25 次循环。SIM 分组时，一般使用低分辨率；但当选择离子差 < 3 时，使用高分辨率。SIM 选择目标化合物的特定离子见表 1。

表 1 选择离子扫描条件

保留时间/min	目标化合物	扫描离子
4.0~5.8	一氯联苯	188 190 152
5.8~6.9	二氯联苯	222 224 152
6.9~8.8	三氯联苯	256 258 188 186
8.8~11.9	四、五氯联苯	292 220 290 254 326
11.9~13.9	六氯联苯	188 190 152
13.9~18.0	七氯联苯	188 190 152
18.0~29.8	十氯联苯	188 190 152

#### 1.5 标准曲线绘制

用正己烷配制浓度为 0.1 mg/L、0.2 mg/L、0.3 mg/L、0.4 mg/L、0.5 mg/L、0.6 mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯的混合标准溶液系列，按 GC/ECD 条件分析，绘制标准曲线。配制 0.2mg/L、0.5mg/L、1.0 mg/L、2.0 mg/L、3.0 mg/L、4.0 mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯的混合标准溶液系列，按 GC/MS 条件分析，绘制标准曲线。这两组标准曲线用来测试两台检测器

的线性响应和对 Aroclor1016、Aroclor1260 定量。

配制浓度为 0.4mg/L 和 2.0mg/L 的 Aroclor1221、Aroclor1232、Aroclor1242、Aroclor1248、Aroclor1254 单点标准溶液，分别进行 GC/ECD 和 GC/MS 分析，绘制单点曲线对上述 Aroclor 定量。

## 2 结果与讨论

在 Aroclors 标准系列中，Aroclor1016 和 Aroclor1260 基本包含了 7 组 Aroclor 的所有多氯联苯单体化合物，即实际分析中用于 Aroclors 系列定量的特征峰均包含在 Aroclor1016 和 Aroclor1260 中，所以本文以对这两种 Aroclor 的分析来代表 7 种 Aroclor 分析的线性响应、回收率、精密度和准确度。

### 2.1 定性分析

GC/ECD 定性：根据 Aroclor1016、Aroclor1221、Aroclor1232、Aroclor1242、Aroclor1248、Aroclor1254、Aroclor1260 标准谱图中各自不同的保留时间范围以及每组 Aroclor 色谱峰的形状，来进行样品的定性。0.4mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯的气相色谱图见图 1。

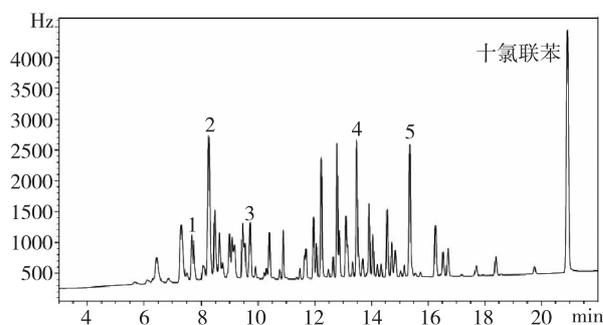


图1 Aroclor1016、Aroclor1260和十氯联苯混合标准溶液 (0.4mg/L) 气相色谱图

GC/MS 定性：根据 Aroclor1016、Aroclor1221、Aroclor1232、Aroclor1242、Aroclor1248、Aroclor1254、Aroclor1260 的标准质谱图和色谱峰保留时间范围，进行定性。2.0mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯的 GC/MS 选择离子扫描谱图见图 2。

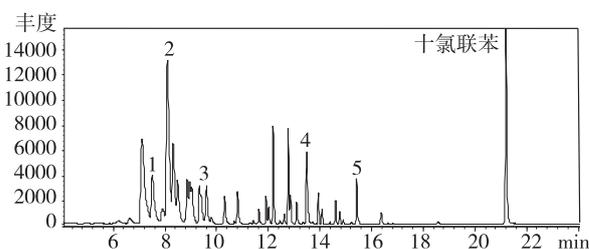


图2 Aroclor1016、Aroclor1260和十氯联苯混合标准溶液 (2.0mg/L) GC/MS选择离子扫描谱图

本文采用双检测器（ECD 和 MS）法测定，若其中一检测器有多氯联苯 Aroclors 检出，则需用另一台检测器进行确定验证。被测样品经 GC-ECD 和 GC-MS 定性分析，均检测有 Aroclor 存在，才判定该 Aroclor 检出，在很大程度上提高了结果的准确性。

## 2.2 定量分析

经 GC-ECD 和 GC-MS 确定所含 Aroclor 类型之后，根据该组 Aroclor 所选的特征峰来进行定量。图 1 和图 2 标出了 Aroclor1016、Aroclor1260 混合标准溶液的 5 组特征峰。

## 2.3 标准曲线和检出限

取样量为 20g，萃取浓缩后的定容体积为

1.0ml。配制浓度为 0.05mg/L 和 0.10mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯混合标准溶液，分别在 GC/ECD 和 GC/MS 上重复测定 7 次，利用 Agilent 化学工作站计算各组分的信噪比，以 3 倍信噪比对应样品浓度作为方法检出限。表 2 为 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯混合标准溶液在 GC/ECD 和 GC/MS 上的保留时间、回归方程、相关系数和检出限。GC/ECD 方法和 GC/MS 方法线性良好，检出限分别为 0.28 ~ 0.87 $\mu\text{g}/\text{kg}$  和 0.62 ~ 1.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，均低于 HJ350-2007《展览会用地土壤环境质量评价标准》（暂行）<sup>[7]</sup> 中多氯联苯的最低检出限 2.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，本方法完全能够满足土壤质量评价的要求。

表 2 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯选定特征峰保留时间、回归方程和检出限

仪器	物质名称	峰号	保留时间	回归方程	相关系数	检出限/ $(\mu\text{g}/\text{kg})$
GC-ECD	Aroclor1016	1	7.696	$y = 11.37x + 60.15$	0.9995	0.87
		2	8.259	$y = 33.74x + 210.5$	0.9995	0.29
		3	9.715	$y = 10.84x - 5.356$	0.9994	0.74
	Aroclor1260	4	13.471	$y = 22.58x - 2.389$	0.9996	0.28
		5	15.344	$y = 22.40x - 35.09$	0.9995	0.29
		十氯联苯	20.911	$y = 54.36x - 129.4$	0.9999	0.65
GC-MS	Aroclor1016	1	7.606	$y = 6.392x - 1066$	0.9991	1.35
		2	8.191	$y = 21.33x - 8598$	0.9993	0.95
		3	9.703	$y = 3.790x - 2018$	0.9991	0.99
	Aroclor1260	4	13.585	$y = 6.253x - 4053$	0.9994	0.62
		5	15.522	$y = 4.478x - 3318$	0.9990	0.85
		十氯联苯	21.300	$y = 17.69x - 11960$	0.9992	1.05

## 2.4 准确度和精密度

在 6 份 20g 空白土样中分别加入 10mg/L 的 Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯的混合标准溶液系列 50.0 $\mu\text{l}$ ，样品制备浓度为 25.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。然后，进行样品全过程处理，分别在 GC/ECD 和 GC/MS 上测定，来计算各特征峰的测定浓度、方法的准确度（以回收率表示）和精密度（以相对标准偏差表示），结果见表 3。

由表 3 可知，在 GC/ECD 中，Aroclor1016、Aroclor1260 和十氯联苯各特征峰的回收率为 80.8% ~ 85.2%，相对标准偏差 < 6%；GC/MS 中，各特征峰回收率为 79.6% ~ 103.6%，相对标准偏差 < 9%。由此可见，这两种测定方法均能够满足痕量有机物残留分析的要求。其中，GC/ECD 的准确度和精密度略优于 GC/MS。所以，在实际土壤样品 PCBs 的分析中建议以 GC/ECD 的定量结果为准。

表 3 方法的回收率和精密度

仪器	物质名称	峰号	保留时间	平均值 / $(\mu\text{g}/\text{L})$	回收率 /%	RSD /%
GC-ECD	Aroclor1016	1	7.696	20.8	83.2	3.27
		2	8.259	20.3	81.2	3.49
		3	9.715	21.3	85.2	5.96
	Aroclor1260	4	13.471	20.4	81.6	4.11
		5	15.344	20.2	80.8	2.45
		十氯联苯	20.911	20.2	80.8	2.78
GC-MS	Aroclor1016	1	7.606	21.4	85.6	3.79
		2	8.191	19.9	79.6	4.44
		3	9.703	25.9	103.6	7.22
	Aroclor1260	4	13.585	22.0	88.0	6.10
		5	15.522	20.1	80.4	8.72
		十氯联苯	21.300	21.9	87.6	3.44

## 2.5 土壤标样测定

分别称取 10g Aroclor1016 有证土壤标样

(CRM922-50G) 2份,按照样品分析全过程平行测定2次。有证土壤标样浓度为:  $8.30 \pm 0.670$  mg/kg。GC-ECD测定结果为 7.929 mg/kg 和 7.942 mg/kg,测定均值为 7.936 mg/kg,回收率为 95.6%; GC-MS测定结果为 7.795 mg/kg 和 7.724 mg/kg,测定均值为 7.760 mg/kg,回收率为 93.5%。土壤标准样品的分析结果与标准值较吻合。

### 3 结论

建立了快速溶剂萃取-弗罗里硅土柱净化-气相色谱法(ECD检测器)和气质联用法测定土壤中7组Aroclors的方法。该方法操作简便、定量线性良好、准确度高,精密度与加标回收率均符合痕量分析的要求。GC/ECD的准确度和精密度略优于GC/MS,因此实际分析中建议以GC/ECD定量结果为准。

### 参考文献:

- [1] Environmental Health Criteria 140, Polychlorinated biphenyls and terphenyls [S].
- [2] Van den Berg M, Birnbaum L, Bosveld A T, et al. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife [J]. Environmental Health Perspect, 1998, 106 (12): 775-792.
- [3] 孟紫强. 环境毒理学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 253-254.
- [4] 李娟, 高丹. 超声波萃取/气相色谱法测定土壤中的多氯联苯 [J]. 中国环境监测, 2008, 24 (3): 1-3.
- [5] 黄业茹, 施钧慧, 唐莉. GC/MS分析环境样品中的多氯联苯 [J]. 分析测试技术与仪器, 2000, 6 (4): 216-224.
- [6] EPA8082A, Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography [S].
- [7] HJ 350-2007, 展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行) [S].

## Determination of Aroclors in Soil by Using GC/ECD and GC/MS

YANG Su-na, Lu Hua

(Jiading Environmental Monitoring Station, Shanghai 201822 China)

**Abstract:** Aroclors in soil were extracted by Accelerated Solvent Extraction, purified through Florisil column and analyzed using GC/ECD and GC/MS. The detection limits of GC/ECD and GC/MS ranged from 0.28  $\mu$ g/kg to 0.87  $\mu$ g/kg, and 0.62  $\mu$ g/kg to 1.35  $\mu$ g/kg when the sample weighed 20g. The recoveries of matrix samples were from 79.6% to 103.6% and RSDs less than 9.0%. It was satisfactory for being applied in the analysis of the certified Aroclors standard soil sample. Since the accuracy and precision of GC/ECD were higher than that of GC/MS, the quantitative results of GC/ECD were more reliable for the Aroclors analysis of the soil sample.

**Key words:** Aroclors; GC/ECD; GC/MS; soil

# 精密度偏性试验在水质分析中的应用

张晓威, 姚建, 李耀伟

(辽宁省水文水资源勘测局营口分局, 辽宁 营口 115000)

**摘要:**以对总磷进行精密度实验为例, 介绍了辽宁省营口水环境中心开展质量控制工作情况。每天分析1批, 每次各2份, 共分析6批, 其中天然水样10批。结果显示: F检验无显著性变异, 总标准差均小于被测浓度的5%, 回收率检验合格, 控制图中的数据全部落在控制限内, 质控图分布合理。

**关键词:**精密度偏性试验; 分光光度法; 总磷; 质控图

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0125-03

辽宁省水环境监测中心营口分中心根据《全国水利系统水质监测实验室质量控制考核(比对试验)工作方案(2011—2013年度)》的要求, 全面开展了质量控制精密度偏性分析试验、质量控制图绘制的工作, 以确保质量控制工作顺利进行。现以对总磷进行精密度偏性试验为例, 介绍该项工作的开展情况。

## 1 仪器及试样

7230G 可见分光光度计, 电热蒸汽压力消毒器, ALC-110.4 型电子天平, 实验室蒸馏水, 50ml 具塞(磨口)刻度管。过硫酸钾、抗坏血酸、钼酸铵、酒石酸锑钾和硫酸均为分析纯, 所用水为蒸馏水, 试剂溶液均按方法的标准要求进行配制。

## 2 方法与结果

### 2.1 标准溶液的制备

磷标准贮备溶液: 精密称取 110℃ 干燥至恒重的磷酸二氢钾 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 0.2197 ± 0.0001g, 用水溶解后转移至 1000ml 容量瓶中, 加入约 800ml 水, 加 5ml 硫酸 (1+1), 继续加水至标线, 混匀, 即得 50.0 mg/L。

磷标准使用溶液: 取 10ml 磷标准贮备溶液于 250ml 容量瓶中, 加水稀释至标线, 混匀, 即得 2.0 mg/L。

### 2.2 确定线性关系与测定范围

取 7 支 50ml 具塞刻度管分别加入 0.00、0.50、1.00、3.00、5.00、10.00、15.00ml 磷酸盐标准溶液, 加水至 25ml, 参照水质分析标准 GB11893-89 中总磷的测定方法钼酸铵分光光度

法, 测定曲线。标准曲线相关系数  $r=0.9999$ , 标准曲线  $y=0.001+1.472x$ , 对标准曲线的截距进行  $t$  检验合格。

### 2.3 溶液配制

参照中华人民共和国国家标准《水质分析方法总磷》(GB11893-89), 对以下 6 种溶液, 每天分析 1 批, 每次各 2 份, 共分析 6 批, 其中天然水样 10 批, 绘质控图。结果见表 1。

空白溶液: 取与配制溶液等同的蒸馏水。

0.1C 标准溶液: 分析方法的测定上限的 0.1 倍, 溶液浓度为 0.06mg/L。

0.9C 标准溶液: 分析方法的测定上限的 0.9 倍, 溶液浓度为 0.54mg/L。

天然水样: 天然水样选取具有代表性的天然水样。

加标天然水样: 在 25.00ml 天然水样中加入浓度为 2.00 mg/L 的磷标准溶液 2.50ml。

统一标样: 部中心统一发放的总磷标准样品(编号 110206), 总磷保证值为 0.410 mg/L (不确定度 ± 0.020)。

标准曲线绘制: 常规分光法需要连续 6 批, 精密仪器分析项目需要连续 10 批, 任选一批标准曲线列出。

## 3 试验结果评价分析

### 3.1 相关公式

(1) 空白批内标准偏差

$x$ —每批中单个测定值;  $X$ —每批总和;

$m$ —批数;  $n$ —每批测定次数;

$t_r$ —自由度  $f = m(n-1)$ , 显著性水平  $\alpha = 0.05$  时的  $t$  值(单侧);

收稿日期: 2013-05-23

作者简介: 张晓威(1980-), 女, 辽宁省营口市人, 主要从事水质化验分析。

表1 总磷精密度偏性试验测定结果

批数	1	2	3	4	5	6	7	标准曲线		
标准曲线	A	0.000	0.030	0.060	0.178	0.295	0.589	0.884	测定上限=0.60	$r=0.9999$
	C	0	0.02	0.04	0.12	0.20	0.40	0.60	回归方程 $y=0.001+1.472x$	
空白	A1	0.008	0.005	0.007	0.005	0.007	0.005	截距检验:合格		
	A2	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.007	$\bar{X}$	S	备注
	C1	0.005	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003			
	C2	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.001	
0.1C	C1	0.061	0.062	0.061	0.064	0.062	0.062			
	C2	0.060	0.060	0.064	0.060	0.060	0.060	0.061	0.001	
0.9C	C1	0.546	0.543	0.539	0.541	0.544	0.539			
	C2	0.541	0.541	0.541	0.544	0.541	0.543	0.542	0.002	
天然水样	C1	0.151	0.155	0.155	0.157	0.155	0.150			
	C2	0.153	0.151	0.153	0.153	0.153	0.157	0.154	0.002	
加标水样	C1	0.355	0.350	0.357	0.358	0.350	0.350			
	C2	0.358	0.347	0.351	0.350	0.358	0.358	0.354	0.004	加标液 0.2mg/L
统一标样 (m=0.410)	C1	0.407	0.408	0.423	0.403	0.418	0.408			
	C2	0.415	0.418	0.418	0.411	0.414	0.410	0.413	0.006	RE%=0.73%

注: A—吸光度; C—浓度值;  $\mu$ —标样真值; 分析方法: 钼酸铵分光光度法 GB11893-89; 浓度单位: mg/L; 分析时间: 2011年7月。

$m=6; n=2$  时, 由  $t$  表可查得  $t_r=1.943$ 。

$$(2) \bar{P}\% = 1/n \sum \frac{\text{加标试样测定值} - \text{试样测定值}}{\text{加标量}}$$

$\times 100$

(3) 批内变异、批间变异

式中:  $\bar{X}_i$ —第  $i$  批的平均值;  $x_{ij}$ —单个测定值;  $\bar{X}$ —总平均值。

(4) 变异显著性检验中临界值由  $F$  表查得

$$\text{当 } m=6, n=2 \text{ 时, 自由度 } f_{\text{间}} = m-1 = 5; f_{\text{内}} = m(n-1) = 6$$

$$F_{0.05}(5, 6) = 4.39; F_{0.01}(5, 6) = 8.75$$

### 3.2 精密度偏性试验表

由表2做回收率检验: 平均回收率 99.8%, 即回收率检验合格。

表2 精密度偏性检验表

1. 空白批内标准差及检测限			2. 加标回收率检验				
项目	说明	结果	项目	说明	结果		
空白批内标准差 $S_{wb}$	$\sqrt{\frac{\sum x^2 - 1/n \sum x^2}{m(n-1)}}$	0.00087	平均回收率 $\bar{P}$		99.8%		
零浓度标准差	$\sqrt{2} \times S_{wt}$	0.0012	回收率合格检验	当 95% < $\bar{P}$ < 105% 时; $\bar{P}$ 合格 (是) 当在此范围之外时; $\bar{P}$ 不合格 (否)	是		
检测限	$2t_f \times \sqrt{2} \times S_{wb}$	0.0047					
3. 分析批内批间变异, 检验总标准差							
项目	说明	0.1C	0.9C	天然水样	加标水样	统一标样	
批内变异 (a)	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 / [m(n-1)]$	3.167E-6	5.58E-6	7.75E-6	2.05E-5	2.275E-5	
批间变异 (b)	$\sum_{i=1}^m ni (\bar{x}_i - \bar{X})^2 / (m-1)$	1.13E-06	3.08E-6	2.08E-6	1.40E-5	4.83E-05	
变异显著性检验 (F 检验)	当 $b/a < F_{0.05}$ 时; 无显著性差异 (NS) 当 $F_{0.05} < b/a < F_{0.01}$ 时; 显著性证据不足 (*) 当 $b/a > F_{0.01}$ 时; 有显著性差异 (**)	NS	NS	NS	NS	NS	
总变异 (f)	$a + (b - a) / n$	2.15E-06	4.33E-6	4.92E-6	1.73E-5	3.55E-05	
总标准差 (St)	$\sqrt{f}$	0.00147	0.00208	0.00222	0.00415	0.00596	
指标检出限 (w)	测得浓度的 5% 或检出限两者的最大值为 w	0.0047	0.0271	0.0077	0.0177	0.0206	
总标准差检验	当 $St < w$ 时, 总标准差合格 (是) 当 $St > w$ 时, 总标准差不合格 (否)	是	是	是	是	是	

注: 分析方法: 钼酸铵分光光度法 GB11893-89; 浓度单位: mg/L; 分析日期: 2011年7月。

空白批内标准差及检测限：空白检测结果为无检出，结果合格。

F 检验：通过对批内变异  $a$ 、批间变异  $b$  和  $F$  值进行计算可知，0.1C、0.9C、天然水样、加标天然水样、统一标样经  $F$  检验，均无显著性变异。

总标准差检验：计算 0.1C、0.9C、天然水样、加标天然水样、统一标样的总变异  $f$ 、总标准差  $St$ ，经检验总标准差均小于被测浓度的 5%，故总标准差检验合格。

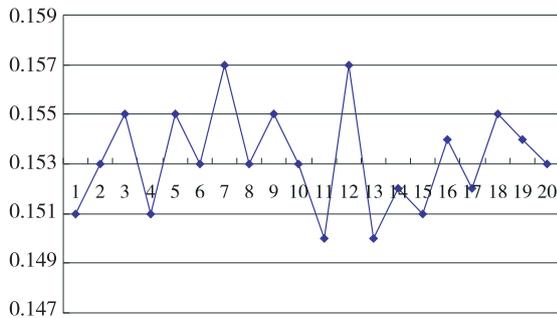


图1 质控图

### 3.3 质量控制图的绘制与分析

通过试验确定了本方法的精密度和准确度均符合要求，天然水样 10 批，绘质控图。

控制图中的数据全部落在控制限内，落在  $\bar{X} \pm s$  范围的点数为 16 个，占总数的 80%，分布合理，无连续 7 点偏在中心线一侧，无离群值，符合质控图要求。此精密度试验的控制浓度为 0.153mg/L，说明质控图分布合理。

### 4 结论

通过近一个多月的水样分析和数据整理，圆满完成了本次偏性分析试验及质控图绘制工作。在工作当中，分析人员在分析技术上得到了锻炼和提高，这对于今后进一步搞好水质监测工作，为实施最严格的水资源管理制度，打下了坚实的基础。

#### 参考文献：

- [1] 本书编委会. 水质分析方法 [M]. 北京：中国标准出版社，2003：188 - 191.
- [2] 中华人民共和国水利部. 水环境监测规范 [M]. 北京：中国水利水电出版社，1998：55 - 57.

## The Application of AQC Test in Water Quality Analysis

ZHANG Xiao-wei, YAO Jian, LI Yao-wei

(Yingkou Division of Liaoning Provincial Hydrology and Water Resources  
Survey Bureau, Yingkou Liaoning 115000 China)

**Abstract:** The water quality control work of Yingkou Water Environment Center is discussed in this paper, with the AQC test of the total phosphorus as an example. One batch of sample was analyzed each day, 2 samples each time, totally 6 batches. There were 10 batches of the natural water sample. The results showed that there was no obvious variation of the test results, and the standard deviation was less than the tested concentration by 5%. The recovery was good. All the data in the control diagram fell into the control line area, with a proper distribution.

**Key words:** AQC test; spectrophotometry; total phosphorus; quality control diagram

# 工作场所有害物质氮氧化物测定的质量保证

洪雪花, 梁志坚, 欧利华

(昆明市疾病预防控制中心, 云南 昆明 650228)

**摘要:**工作场所空气中产生的有毒物质氮氧化物的测定是用吸收液采集空气样品后送达实验室检测, 是采样与显色同时进行, 方法的关键是采样前吸收液的配制与采样后样品的运输、保存及其测定, 要得到准确、可靠的监测数据, 一定要从样品的采集、保存, 实验室分析等各个环节加以控制。

**关键词:**氮氧化物; 测定; 质量; 保证; 工作场所

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0128-03

大气中氮氧化物的测定方法有分光光度法、化学发光法及恒电流库伦滴定法等。GBZ/T 160.29-2004 工作场所空气有毒物质测定无机含氮化合物中指定一氧化氮和二氧化氮的测定方法为盐酸萘乙二胺分光光度法。

## 1 原理

先用三氧化铬氧化管将一氧化氮氧化成二氧化氮。二氧化氮经吸收, 在水中形成亚硝酸盐, 亚硝酸与对氨基苯磺酸起重氮化反应, 再与盐酸萘乙二胺偶合, 生成玫瑰红色偶氮染料, 根据颜色深浅, 定量测定。

## 2 主要仪器及试剂

### 2.1 主要仪器

多孔玻板吸收管, 大气采样器: 流量范围 0~1 L/min, 10 ml 比色管, 双球玻璃管, 分光光度计等。

### 2.2 试剂

所有试剂均需不含亚硝酸根的重蒸馏水配制。

N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐贮备液: 称取 0.50 g N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐  $[C_{10}H_7NH(CH_2)_2NH_2 \cdot 2HCl]$  用水稀释至 500 ml, 贮于密闭棕色瓶中冷藏。

显色液: 称取 5.0g 对氨基苯磺酸 ( $NH_2C_6H_4SO_3H$ ) 溶解于 200 ml 热水中, 冷至室温后转移至 1000 ml 容量瓶中, 加入 50.0ml N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐贮备液和 50 ml 冰醋酸, 用水稀释至标线。贮于密闭的棕色瓶中, 25℃ 以下暗处存放。

吸收液: 使用时将显色液和水按 4+1 (V/V) 比例混合而成。

三氧化铬-砂子氧化管: 将河砂漂洗干净、晒干, 20~40 目筛取部分, 用 1+2 盐酸浸泡一夜, 用水洗至近中性, 将砂子烘干。将三氧化铬及砂子按质量比 1:20 混合, 加入少量水调匀。在红外灯下或烘箱里 105℃ 加热烘干。加热过程中应搅拌几次。

亚硝酸钠标准贮备液: 称取 0.1500g 粒状亚硝酸钠, 预先在干燥器内放置 24h, 溶于水, 移入 1000ml 容量瓶中, 用水稀释至标线。此溶液的  $NO_2^-$  质量浓度为 100 $\mu$ g/ml。贮于棕色瓶中并存于冰箱。临用前配制  $NO_2^-$  质量浓度为 5 $\mu$ g/ml 的使用液。

### 2.3 分析步骤

#### 2.3.1 标准曲线绘制

用浓度为 5 $\mu$ g/ml 使用液按表 1 配成标准系列。摇匀, 避开直射阳光, 放置 15min, 用 1cm 比色皿, 于波长 540nm 处, 以水作参比, 测定吸光度, 结果见表 1。

#### 2.3.2 样品测定

用测定标准系列的操作条件测定样品溶液的吸光度  $A_i$  和空白对照溶液的吸光度  $A_0$ , ( $A_i - A_0$ ) 后得样品含量  $m$  ( $\mu$ g)。

## 3 质量控制

工作场所空气中产生的有毒物质氮氧化物必须用吸收液采集空气样品后送达实验室检测, 因氮氧化物的盐酸萘乙二胺分光光度法是采样与显色同时进行, 所以方法的关键是采样前吸收液的配制与采样后样品的测定。为了得到准确、可靠的监测数据, 一定要从样品的采集、保存、实验室分析等各个环节加以控制。

收稿日期: 2012-12-30

作者简介: 洪雪花 (1963-), 女, 大学本科, 副主任检验技师, 主要从事职业卫生现场监测及实验室理化检验。

表1 NO<sub>x</sub> 标准曲线测定结果

加标体积/ml	0.00	0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70
吸收原液/ml	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
水/ml	1.00	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30
标准含量/ $\mu\text{g}$	0.00	0.25	0.50	1.00	1.50	2.50	3.50
吸光度 ( $A_i$ )	0.004	0.053	0.094	0.192	0.292	0.469	0.645
吸光度 ( $A_i - A_0$ )	0.00	0.049	0.090	0.188	0.288	0.465	0.641
吸光度 ( $A_i$ )	0.005	0.050	0.107	0.208	0.296	0.474	0.662
吸光度 ( $A_i - A_0$ )	0.00	0.045	0.102	0.203	0.291	0.469	0.657

第一条: 截距  $a=0.003$ , 斜率  $b=0.184$ ,  $r=0.9998$

第二条: 截距  $a=0.005$ , 斜率  $b=0.187$ ,  $r=0.9998$

平均截距  $a=0.004$ , 平均斜率  $b=0.186$  标准曲线:  $y=bx+a=0.186x+0.004$

### 3.1 吸收液

显色液最好使用前配制, 虽然文献 [1] 注明 25℃ 以下暗处存放可稳定 1 个月, 文献 [2] 和文献 [3] 注明 25℃ 以下暗处存放可稳定 3 个月, 但都不是绝对的。保存期限与吸收液的配制及保存有关。如果配制过程中与空气接触时间短, 并且保存得当, 保存期限会长些。无论是新配制的还是在保存期内的吸收液, 采样前一定要检查吸收液的吸光度。检查方法: 吸收液的吸光度应不超过 0.005。如不符合要求, 应检查水、试剂纯度或显色剂的配制时间和贮存方法, 并弃之重配。吸收液必须无色, 如呈微红色可能有亚硝酸根的污染。日光照射也能引起吸收液显色, 所以吸收管在采样、运送和存放过程中都应采取避光措施。

### 3.2 三氧化铬-砂子氧化管的制备

制备好的三氧化铬-石英砂应是松散的, 若沾在一起, 说明三氧化铬比例太大, 可适当增加一些石英砂重新制备。三氧化铬-石英砂氧化管适合在空气相对湿度 30%~70% 时使用, 空气相对湿度较大时, 因部分 NO<sub>2</sub> 被氧化管吸附, 使 NO<sub>2</sub> 的回收率下降, 应勤换氧化管; 相对湿度较小时, 可使氧化效率下降。所以, 在氧化管装入氧化剂之后, 要用经过水面的潮湿空气通过氧化管, 平衡 1h, 然后放入相对湿度为 50% 左右的恒湿密闭容器中保存、备用。氧化管有一定有效期, 当氧化剂因吸湿板结或部分变绿色 (三氧化二铬是绿色), 应及时更换。

### 3.3 采样前一定要做预实验

采样前应做标准曲线, 文献 [2] 中规定标准曲线斜率控制在 0.180~0.195 (吸光度, ml/ $\mu\text{g}$ ), 截距控制在  $\pm 0.003$ 。文献 [3] 中规定标准曲线截距范围为  $0.003 < |a| < 0.008$ 。如不符合要求, 应检查吸收液、亚硝酸钠标准溶液, 直到斜率和截距达到要求。斜率反映方法的灵敏度, 截距

评价校准曲线的准确度。要控制截距值, 除要求准确操作外, 所使用的计量器具应是经校正合格的, 比色管或比色皿的成套性, 分光光度计透射比的正确度和重复性等, 均可直接影响测定数据的精确度。

### 3.4 采样

采样时, 平行管的进气口必须尽量靠近, 采样的开始时间和结束时间应一致。吸收液在使用过程中应避免日光直接照射, 日光照射可使吸收液显色, 要求用棕色瓶保存, 采样时也尽量使用棕色采样管; 用普通采样管时, 则须用黑布包住。在采样过程中, 如吸收液体积缩小较显著, 应用水补充至原来体积 (事先做好标线)。

### 3.5 样品保存实验

用环境保护部标准样品研究所生产的标准样品进行实验。

表2 同一样品不同保存条件下测定结果

样品编号	样品保存条件	样品放置时间/d	吸光度 ( $A_i - A_0$ )	样品测定浓度/(mg/L)
1#	贮存于棕色瓶 密闭放置冰箱 于 0~4℃ 保存	1	0.061	0.306
		2	0.059	0.296
		3	0.061	0.306
		4	0.058	0.290
		5	0.059	0.296
2#	贮存于棕色瓶 密闭常温 (12~25℃) 保存	1	0.062	0.312
		2	0.058	0.290
		3	0.057	0.285
		4	0.054	0.269
		5	0.049	0.237
3#	贮存于无色瓶 密闭常温 (12~25℃) 保存	1	0.058	0.290
		2	0.064	0.323
		3	0.071	0.360
		4	0.088	0.452
		5	0.096	0.495

取 10ml 标准样品 (GSBZ50036 - 95, 编号: 206134) (样品浓度标准值:  $0.300 \pm 0.018$  (mg/L)), 于 250ml, 用纯水定容。取配制好的上述已知样品溶液 100ml, 用吸收液 (4 + 1) 定容到 500ml。分成 3 份, 在不同保存条件下进行测定。1<sup>#</sup>贮存于棕色试剂瓶密闭于冰箱冷藏保存; 2<sup>#</sup>贮存于棕色试剂瓶密闭于常温保存; 3<sup>#</sup>贮存于无色试剂瓶密闭于常温保存, 连续 5d 测定 3 份样品的吸光度, 结果见表 2。

由表 2 实验结果可知: 样品于 0 ~ 4℃ 避光密闭保存, 至少可保存 3d; 于 25℃ 以下避光密闭保存, 至少可保存 24h; 于 25℃ 以下未避光保存, 最多只能保存 24h。因此, 样品应尽快分析, 如不能及时分析, 应避光及冷藏保存。样品的采集、运输和保存过程中避免阳光照射。

#### 4 结论

工作场所有害物质氮氧化物测定, 要得到准确、可靠的监测数据, 一定要从样品的采集、保存, 实验室分析等各个环节加以控制。要保证采集到合格的样品, 除现场操作正确外, 实验室要提供有效的吸收液、氧化管; 样品在运输过程中要密闭、避光且冷藏保存; 实验室在提供吸收液时要做预实验保证所提供的吸收液吸光度达到要求, 标准曲线的斜率和截距要达到要求。

##### 参考文献:

- [1] GBZ/T 160.29 - 2004, 工作场所空气有毒物质测定无机含氮化合物 [S].
- [2] HJ 479 - 2009, 环境空气 氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮) 的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法 [S].
- [3] 本书编委会. 空气和废气监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 环境科学出版社, 2003.

## Quality Guarantee of Testing Nitric Oxide in Workplace

HONG Xue-hua, LIANG Zhi-jian, OU Li-hua

(Kunming Disease Prevention and Control Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** The toxic nitric oxide in the air of the workplace is sampled by the adsorption solution and then taken to the laboratory for the test. The sampling and coloration are synchronized. What important is the solution preparation, transport, storage and test of the samples, in order to obtain accurate and reliable monitoring data.

**Key words:** nitric oxide; test; quality; guarantee; workplace

# 装修住宅室内总挥发性有机物 (TVOC) 浓度预测模型研究

刘志强<sup>1,2</sup>

(1. 山西省环境监察大队, 山西 太原 030006; 2. 山西省环境应急中心, 山西 太原 030006)

**摘要:**在对装修住宅室内总挥发性有机物(TVOC)浓度的影响因素进行综合分析的基础上,结合实验数据建立TVOC浓度预测模型。基于该数学模型,以装修住宅室内TVOC浓度数据为实例进行了模型验证,该模型的计算结果与实验结果基本一致,最后对模型的应用进行了探讨。

**关键词:**装修住宅; TVOC; 模型; 研究; 验证

**中图分类号:** X82    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0131-03

近年来由装修住宅带来的室内空气污染问题日益突出,引起了居民们的极大关注。总挥发性有机物(TVOC)是在既定的试验条件下,所测得装修材料中或空气中挥发性有机化合物的总量,是空气中三种有机污染物(多环芳烃、醛类化合物和挥发性有机物)中影响较为严重的一种。在常温下以蒸汽的形式存在于空气中,具有致畸、致突变、致癌的“三致”毒性,刺激性及特殊的气味性,会影响居民们的皮肤和黏膜,对人体健康产生急性损害。装修住宅室内最主要的TVOC污染源主要来源于各种涂料、黏合剂、各种人造材料等。在装修住宅中,刨花板、胶合板、海绵床垫、沙发用海绵、墙壁地面用的黏合剂、塑料地板、作为隔热材料的预制板、一些化纤地毯及家用的多数化学品都是TVOC的释放源。尽管释放在室内的TVOC单个浓度极低,但若干种挥发性有机物共同存在于室内时,其联合作用以及对人体健康产生的影响是不容忽视的。开展室内TVOC的研究工作,对改善装修住宅室内空气质量,保护人体健康具有十分重要的意义<sup>[1~3]</sup>。

目前,国内外学者对板材中的涂料、油漆中的可挥发性有机物的释放特征已经进行了比较广泛的研究,通过数学的模拟方法对材料中TVOC的散发过程进行了研究,已经建立的数学模型有几十种之多。一阶模型为经验模型,由于实验室条件与装修住宅实际房间的差异,在实际应用中,其预测的准

确性值得探讨;VB模型由于没有考虑到TVOC在装修材料中的扩散,因此不适合使用于整个挥发过程;数值模型考虑了装修涂料层内部,与实验结果符合性良好,但是模型较为复杂;扩散模型是TVOC最常用的模型,因为污染物的释放规律研究的还不全面,预测模型也不够精确。在这种情况下研究TVOC浓度的释放规律和TVOC浓度预测模型就显得更有实际价值<sup>[4]</sup>。

本文在对影响装修住宅室内TVOC浓度的主要因素进行综合分析的基础上,结合实验数据建立TVOC浓度预测模型。基于该数学模型,以装修住宅室内TVOC浓度数据为实例进行了模型验证。

## 1 装修住宅室内TVOC浓度的影响因素

有机溶剂主要包括醇、醛、直链烃、芳香烃、酮等,这些都是在装修住宅过程中广泛应用于各种溶剂型的材料,如板材胶粘剂、板材着色剂、墙壁表面喷涂材料、油漆等,这样的“湿”材料当中有机溶剂含量通常都会超过25%。在“湿”材料干燥过程中,这类有机溶剂会逐渐散发到住宅空气中,并成为TVOC重要室内散发源<sup>[5]</sup>。

装修材料、装修程度、温度、湿度、通风量等不同因素都会对室内TVOC浓度产生影响。在装修材料、装修程度已经确定的情况下,装修时间是影响装修住宅室内空气TVOC浓度的主要因素。TVOC作为溶剂通常广泛应用于各种溶剂型材料中,熔点要低于室温而且挥发速度较快。TVOC的释放浓度随着时间推移而逐渐减少,装修住宅后1个月左右,TVOC的浓度出现明显下降。由此可以看出,装修住宅装修完1个月左右是挥发性有机物大量释放的时段。在装修住宅装修完第2、3个月

收稿日期: 2013-05-31

作者简介: 刘志强(1973-),男,1997年毕业于山西大学,现主要从事环境监察、应急管理工作。

后, TVOC 的浓度逐渐下降。装修竣工后半年时间左右 TVOC 基本能达到国家标准规定的最高浓度, 但是因为 TVOC 的室内毒性较大, TVOC 的污染仍然引起人们极大地重视。装修住宅室内空气苯的浓度还会受到多种环境因素的影响, 与污染物扩散体积, 即室内空间体积有关。在同一污染源的强度下, 还会受通风换气量的影响, 通风换气量大时, 室内 TVOC 浓度就低。另外, TVOC 的释放量还与室内温度、湿度有关, 温度和湿度也是影响室内 TVOC 浓度的因素。

## 2 建立 TVOC 浓度预测模型与模型验证

### 2.1 模型参数的选取

在进行监测之前, 被监测房间门窗已关闭 1h, 并尽量减少人为因素增加室内污染物的含量, 这就减少了温度、湿度、通风量和人为因素对室内 TVOC 浓度产生的影响, 室内温度、湿度及室内空气换气率等因素对 TVOC 浓度产生影响的波动相对较小。因此, 在建模过程中可以忽略室内温度、湿度、通风量等对 TVOC 浓度变化的影响。选取板材总表面积 (1m<sup>3</sup> 房间使用的板材面积)、板材的等级 (表示板材质量的好坏)、涂料总量 (1m<sup>3</sup> 房间使用涂料量)、房间体积、装修竣工时间以及对应的 TVOC 浓度等对 TVOC 浓度产生主要影响的环境因子作为模型参数。

因为不同装修材料的 TVOC 释放速率各不相同, TVOC 衰减速率也相差悬殊, 在较短的时间段内, 可以把 TVOC 释放源看成是恒速释放源或指数衰减释放源<sup>[6]</sup>。

### 2.2 建立模型

在选取的建模参数中, 将板材总表面积、涂料总量作为影响 TVOC 浓度的主要因素, 时间与板材等级作为板材总表面积、涂料总量对 TVOC 浓度的影响系数, 建立预测模型如下:

$$f(j) = [(mG_1 + n)Q + (G_2h + l)]e^{-gt}$$

式中:  $G_1$ —1m<sup>3</sup> 使用板材的总表面积,  $\left(\frac{\text{板材总表面积}}{\text{房间体积}}\right), m^{-1}$ ;

$G_2$ —1m<sup>3</sup> 使用涂料的量,  $\left(\frac{\text{涂料的使用量}}{\text{房间体积}}\right), kg/m^3$ ;

$Q$ —所用板材的等级;

$m$ —板材总表面积一次修正系数;

$n$ —板材总面积零次修正系数;

$h$ —涂料用量一次修正系数;

$l$ —涂料用量零次修正系数;

$g$ —竣工时间修正系数;

$m, g, h > 0$ ;

$m, n, h, l, g$  为待定系数。

### 2.3 实验结果

选取新装修的有代表性的装修基本相同的住宅采样, 并选取 TVOC 装修污染因子进行监测和分析, TVOC 监测按照《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325-2001 规定的方法进行<sup>[7]</sup>, 对实验结果进行了平均, 见表 1。

表 1 住宅装修后不同时间的 TVOC 浓度

时间/d	10	15	20	35	70	100	110	115	120
TVOC 浓度/ (mg/m <sup>3</sup> )	3.50	2.46	1.80	1.05	0.90	0.82	0.75	0.70	0.70
	2.80	2.73	1.65	1.52	0.87	0.77	0.74	0.74	0.71
	2.50	2.08	1.40	0.95	0.84	0.99	0.72	0.73	0.69

### 2.4 模型求解

通过对实验结果的数据拟合分析, TVOC 浓度  $f(j)$  与 1m<sup>3</sup> 使用的板材的总表面积  $G_2$  的函数关系如下式:

$$f(j) = [(0.0725G_1 + 2.032)Q + (0.0599G_2 - 1.116)]e^{-0.0029t}$$

为了避免偶然性对实验结果的影响, 取与上述住宅同批装修的装修基本相同的住宅, 按照上述方法监测竣工后各天各时段 TVOC 的实测浓度, 实验结果与上述结果基本一致。

### 2.5 模型验证

选取新装修的住宅采样, 选取 TVOC 装修污染因子进行监测和分析, 并利用上述模型进行了理论浓度的计算, 详见表 2。

表 2 住宅装修后不同时间的 TVOC 理论浓度与浓度误差表

时间/d	100	110	115	120
理论浓度/ (mg/m <sup>3</sup> )	0.767	0.744	0.733	0.722
浓度误差/%	6.91	0.81	4.50	3.05
	0.39	0.54	1.77	1.66
	-	3.23	1.77	4.43

注: - 表示不合理的实测浓度对应的误差。

由误差分析可知, TVOC 预测模型能较好地预测其浓度, 理论浓度与实测浓度基本一致。因此, 在一定条件下, TVOC 浓度的预测模型为:

$$[f(j) = [(0.0725G_1 + 2.032)Q + (0.0599G_2 - 1.116)]e^{-0.0029t}]$$

式中:  $G_1$ —1m<sup>3</sup> 使用板材的总表面积,  $\left(\frac{\text{板材总表面积}}{\text{房间体积}}\right), m^{-1}$ ;

$G_2$ —1m<sup>3</sup> 使用涂料的量,  $\left(\frac{\text{涂料的使用量}}{\text{房间体积}}\right),$

kg/m<sup>3</sup>;

$Q$ —所用板材的等级;

$t$ —装修竣工时间。

## 2.6 模型应用

该模型可以计算出装修住宅入住的最早时间。计算过程为:将 TVOC 浓度以国家标准 0.50mg/m<sup>3</sup> 代入该模型,将装修板材、涂料等用量也代入其中,就得出装修住宅最早入住的时间。TVOC 衰减期较长,其浓度达到国家标准入住浓度需较长时间,中等装修半年后就能入住,该模型计算出的入住时间与实际监测模型得出的入住时间基本吻合。

与甲醛、苯浓度模型不同的是,TVOC 浓度预测模型选取的多个影响参数不能孤立地分开。单独计算某种参数的用量时,因为室内空气污染物中的挥发性有机化合物在大多数情况下,单一污染物的含量都会低于其允许限值,不会造成对人体健康的危害;但室内混合挥发性有机化合物却会对人体健康有明显的危害,一种因素很可能与其它的因素相互作用,并能够改变它们的危害强度,这有可能使这些因素协同起来导致一个显著的环境毒理效应<sup>[21]</sup>。因此不能够由预设的时间计算出板材或涂料的最大用量。

## 3 结论与讨论

(1) 本论文分析了影响装修住宅室内 TVOC 浓度的主要因素,建立了 TVOC 浓度预测模型,并根据实验数据对模型进行了求解,最后进行了模型验证,验证了模型的准确性以保证它的实用性。

(2) 目前人们都已经认识到装修室内 TVOC 浓度及其对人体健康危害的重要性。仅靠自然衰减,TVOC 的衰减需要较长时间,因此在装修住宅时应尽量使用 TVOC 含量较少的绿色环保型材料,装修程度选择简单实用型,同时装修住宅竣工后放置一段时间再入住。

(3) TVOC 中甲苯和二甲苯并没有一个恒定的比例,只有在确定有涂料引起空气中 TVOC 不合格的装修工程中,甲苯和二甲苯所占的比例才成为一个相对固定的数值<sup>[8]</sup>。所以在空气中的挥发性有机化合物较多的情况下,需要对 TVOC 中的甲苯和二甲苯做进一步的研究,从而为有效控制装修住宅中造成的室内 TVOC 污染提供技术依据。

(4) 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325-2001 (2006 版) 公布实施以来,室内空气 TVOC 的测定方法简化了操作的步骤,降低了系统的误差。但采样的体积、采样管的充分活化、程序的升温设置和热解析的时间都会影响 TVOC 浓度监测的准确性<sup>[9]</sup>。因此,需要提高监测技术,探索各种因素对 TVOC 的污染物监测浓度变化产生的影响,为装修后住宅的污染防治工作提供有效的数据支持。

### 参考文献:

- [1] 王春,王焕珠,蒋蓉芳. 装修后居室空气中甲醛和总挥发性有机物污染现状 [J]. 环境与健康杂志, 2005, 22 (5): 37-39.
- [2] 张玲. 对室内污染物 TVOC 的简要分析 [J]. 安徽建筑, 2007, 34 (3): 174-175
- [3] 龚英. 卧室内 TVOC 释放规律的特征研究 [J]. 住宅科技, 2012, 33 (10): 44-47.
- [4] Zhishi, Guo. Review of indoor emission source models [J]. Environmental Pollution, 2003, 120 (3): 533-549.
- [5] 徐江兴,柳靖,王娟. 室内装饰涂料中 VOC 的挥发特性及其影响因素 [J]. 全国暖通空调制冷, 2004, 30 (增): 38-10.
- [6] 韩克勤,井海宁. 室内材料和用品挥发性有机物释放速率测定和释放规律 [J]. 中国环境卫生, 2002, 5 (1): 190-200.
- [7] GB50325-2001, 民用建筑工程室内环境污染控制规范 [S].
- [8] 顾林辉,张春丽,王学成. 关于 TVOC 中甲苯、二甲苯的讨论 [J]. 研究探索, 2012, 30 (增): 38-10.
- [9] 孙秀萍,侯书平,刘西峰. 室内空气 TVOC 浓度检测准确性影响因素的探讨 [J]. 标准规范, 2011, 29 (5): 23-24.

## Prediction Model of Indoor TVOC in House Decoration

LIU Zhi-qiang<sup>1,2</sup>

(1. Shanxi Provincial Environmental Supervision Squadron, Taiyuan Shanxi 030006 China)

**Abstract:** Based on the comprehensive analysis of the influential factor of the TVOC concentration in the house decoration, the model was set up to predict the TVOC concentration according to the experimental data. The pollutant concentration data in house decoration was used to validate the model. The model calculation was basically same as the experimental results. The application of the model is discussed in the paper.

**Key words:** house decoration; TVOC; model; research; validate

# Excel VBA 和 Access 数据库对 道路噪声自动监测数据统计的改进

亓 靓, 张 韬, 赵 璐, 盖冬君  
(青岛市环境监测中心站, 山东 青岛 266003)

**摘 要:** 阐述了青岛市噪声自动监测现状, 针对自动噪声数据量大, 噪声监测系统统计软件存在部分瑕疵的问题, 利用 Excel VBA 编程和 Access 数据库查询功能对道路自动噪声数据进行处理, 实现了对自动噪声数据的快速筛选、审核, 大大提高了工作效率及数据审核质量, 在实际应用中取得了较好的效果。

**关键词:** Excel VBA; Access; 噪声; 自动监测; 数据统计

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 05-0134-03

## 1 噪声自动监测概况

国外发达国家开展城市噪声战略研究管理和噪声控制预测已有 20 多年的历史, 全天候连续实时测试的噪声自动监测系统已广泛应用于欧美及韩国、日本、印度、马来西亚和中国香港、澳门及台湾等地<sup>[1]</sup>。

2007 年中国环境监测总站承担了国家课题“噪声自动监测系统与应用研究”, 正式启动了我国噪声自动监测的相关研究<sup>[2]</sup>。目前, 十多个城市作为试点使用噪声自动监测系统<sup>[3]</sup>。

## 2 青岛市噪声自动监测系统

青岛市于 2012 年布设 3 个子站, 开展噪声自动监测工作。其中金口花园子站位于居民住宅小区, 属 1 类区; 远洋广场子站位于商业区, 属 2 类区; 汽车东站子站位于崂山区深圳路, 为道路噪声自动监测站。

子站监测系统由珠海高凌公司开发, 由噪声监测子站、噪声监测数据管理中心、数据处理中心、通讯网络和专用噪声处理软件组成, 各子站 24h 连续监测, 每分钟获取 1 个噪声数据。功能区噪声自动监测项目为等效连续声级  $L_{eq}$ , 最大声级  $L_{max}$ , 最小声级  $L_{min}$ , 累积百分声级  $L_5$ 、 $L_{10}$ 、 $L_{50}$ 、 $L_{90}$ 、 $L_{95}$ , 标准差  $SD$ , 道路噪声自动监测除上述项目外还监测单发噪声  $L_e$ , 长车、大车、中型车、轻型车、微型车车流量, 平均车长, 平均车速。

该系统实现了监测数据的自动采集、存储、传输和汇总, 同时对环境噪声监测数据进行统计和评

价, 建立环境噪声信息数据库, 为治理环境噪声和改善声环境质量提供技术依据, 大大提高了信息的时效性<sup>[4]</sup>。但是该软件还存在部分瑕疵, 导出的道路噪声分钟值、车流量为两个单独的 Excel 表格, 在分析机动车对道路噪声值的影响时, 需要将上述两个表格整合为一个表格。由于收到的数据记录条数不一致, 数据量巨大, 仅靠人工操作耗费时间过长且容易出现差错。

## 3 数据处理

### 3.1 道路噪声自动监测数据导出格式

从青岛市监测情况来看, 道路噪声自动监测系统每天获取噪声分钟监测数据条数在 1400 条以上, 车流量数据条数获取量较低, 在 1300 条左右。以 2013 年 3 月 4 日获取的记录条数为例, 10min 内收到 10 条噪声值数据, 车流量数据仅收到 8 条。统计表分别见表 1、表 2。

### 3.2 噪声值与车流量 Excel 表数据整合

运用 Excel VBA 编程对导出噪声分钟值和车流量时间一致的记录条数进行快速筛选, 整合一星期 1 万余条数据仅需几分钟时间, 在减少差错的同时又大大提高了工作效率。

Excel VBA 程序代码如下:

```
Sub car ()
    Dim bolFound As Boolean '定义开关量
    c1 = Me.UsedRange.Rows.Count '将 c11 赋值为 Excel 表中已用的行数
    For i = 2 To c1 '对 Excel 表中每一行进行循环校验
        bolFound = False
        For k = i To 2 Step -1
```

收稿日期: 2013-06-04

作者简介: 亓靓 (1979-), 女, 硕士, 工程师, 环境监测。

```
If Format (Cells (i, 1), " yyyy - mm - dd hh:
nn") = Format (Cells (k, 13), " yyyy - mm - dd
hh: nn") Then ‘i 代表道路噪声分钟数据统计监测
时间, k 代表道路噪声车流量统计监测时间, 判断
二者是否相同
bolFound = True
Exit For
ElseIf Format (Cells (i, 1), " yyyy - mm - dd
hh: nn") > Format (Cells (k, 13), " yyyy - mm
```

```
- dd hh: nn") And Cells (k, 13) < > "" Then
‘判断 i 是否大于 k
Exit For
End If
Next
If bolFound = False Then Cells (i, 1) = " "
Next
End Sub
```

表 1 自动监测道路噪声分钟值统计表

(dB (A))

时间	Leq	Lmax	Lmin	L <sub>5</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>95</sub>	SD
2013-3-4 10: 01: 00	67.6	73.0	63.1	69.7	69.3	67.3	65.3	64.7	1.7
2013-3-4 10: 02: 00	68.9	79.9	59.4	72.7	71.2	67.5	62.7	61.2	3.3
2013-3-4 10: 03: 00	67.7	74.4	58.2	72.5	71.9	66.5	62.2	60.3	3.4
2013-3-4 10: 04: 00	67.3	73.9	54.8	72.4	71.9	64.5	57.1	56.2	5.2
2013-3-4 10: 05: 00	69.4	74.5	59.6	72.5	71.8	69.1	61.6	60.8	3.4
2013-3-4 10: 06: 00	66.4	72.7	57.5	71.5	70.7	64.0	59.7	58.9	4.0
2013-3-4 10: 07: 00	68.5	79.3	59.7	70.4	70.0	68.7	62.4	60.9	3.1
2013-3-4 10: 08: 00	65.4	71.9	57.1	70.3	68.5	64.5	58.7	58.1	3.8
2013-3-4 10: 09: 00	68.9	75.0	63.9	71.9	70.9	68.6	65.1	64.7	2.3
2013-3-4 10: 10: 00	66.4	74.3	58.1	69.1	68.4	66.4	60.0	59.5	3.1

表 2 自动监测道路噪声车流量、平均车速统计表

时间	车流量 / (veh)	平均车速 / (km/h)	长车流量 / (veh)	大车流量 / (veh)	中型车流量 / (veh)	轻型车流量 / (veh)	微型车流量 / (veh)
2013-3-4 10: 01: 03	11	52.3	0	1	2	3	5
2013-3-4 10: 02: 03	39	55.0	11	5	9	3	11
2013-3-4 10: 03: 03	25	55.3	6	5	2	1	11
2013-3-4 10: 05: 02	23	35.0	1	0	1	2	19
2013-3-4 10: 06: 03	9	54.8	1	0	1	1	6
2013-3-4 10: 07: 03	37	56.0	0	0	1	6	30
2013-3-4 10: 08: 03	11	44.5	0	0	0	0	11
2013-3-4 10: 10: 02	24	58.8	0	0	1	2	21

通过 Excel VBA 对表 1、表 2 中数据进行整合, 使二者之间保持一一对应, 删除多余记录条数, 即可选取所需时间段的数据, 研究车流量对瞬时噪声值的影响并进行统计评价。

### 3.3 噪声值与平均车速数据整合

机动车的时速对噪声瞬时值也会产生影响, 运用 Access 数据库查询功能可以建立噪声平均值与平均车速之间的关联, Access 查询语句如下:

```
SELECT Int (平均车速/10) * 10 & " - " &
```

```
(Int (平均车速/10) + 1) * 10 AS 车速分级,
Round (Avg ([Leq (dB)]), 1) AS [Leq (dB)
之平均值]
```

‘平均车速按 10km/h 增加依次分级, 计算各等次噪声平均值

```
FROM 合计
```

```
WHERE 平均车速 > 0 or 车流量 > 0
```

```
GROUP BY Int (平均车速/10);
```

选取 3 月 4 日~9 日连续 5d 工作日近 7000 条数据进行测试, 可以得到表 3 中数据。

表3 3月4日~3月9日车速与噪声平均值统计

车速划分等次/(km/h)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90
噪声平均值/dB(A)	56.6	58.7	63.4	63.5	67.1	67.5	68.0	66.5	65.6

同理,可以使用 Access 数据库查询功能对一段时间内噪声值按不同需求进行统计,减少繁琐计算,节省数据审核时间,迅速得到统计结果。

#### 4 小结

噪声自动监测数据能够真实反映城市交通噪声污染时空分布,提升环境决策支持能力。现有的自动噪声监测系统统计功能尚存在部分瑕疵,在进行数据处理时,对大批量的自动噪声监测数据运用 Excel VBA 和 Access 数据库查询编程可以减少繁琐计算,降低差错率,提高工作效率,该程序在实际

应用中取得较好的效果。

#### 参考文献:

- [1] 陈丽华, 吴对林, 李美敏. 东莞市环境噪声自动监测研究 [J]. 环境科学与技术, 2010, 33 (S1): 276-279.
- [2] 余洋. 国内外噪声自动监测系统研究新进展 [J]. 环境研究与监测, 2011, 24 (3): 69-72.
- [3] 李文君, 张金艳, 张朋, 等. 道路交通噪声自动监测应用探讨 [J]. 环境监测管理和技术, 2010, (3): 67-69.
- [4] 孙南. 常州市城市噪声自动监测系统建设与发展方向 [J]. 环境监控与预警, 2011, 3 (3): 33-36.

## Improvement of Automatic Road Noise Monitoring Data by Excel VBA and Access Database

QI Liang, ZHANG Tao, ZHAO Lu, GAI Dong-jun

(Qingdao Environmental Monitoring Center, Qingdao Shandong 266003 China)

**Abstract:** The present situation of the automatic noise monitoring in Qingdao is discussed in this article. For the massive amount of data, and some intrinsic flaws of the automatic noise monitoring software, the automatic monitoring data was process by using the Excel VBA programming software and the retrieval function of the Access database. The data could be screened and checked quickly with good quality. The application of the method was satisfactory.

**Key words:** Excel VBA; Access; noise; automatic monitoring; data processing