

GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

Vol.25 No.3

# 广州环境科学

第二十五卷 第三期



广州市环境科学学会 主办

3

2010

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

## 《广州环境科学》编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任 傅家谟

副 主 任 甘海章 赖光赐

委 员 王作新 刘攸弘 齐雨藻

朱锡海 陈成章 汪晋三

李萍萍 余国扬 吴政奇

吴乾钊 林锦河 骆世明

姚继业 曾凡棠 彭绍盛

主 编 甘海章

责任编辑 刘攸弘 辛东平 杨 华

黄润潮 黄卓尔 琚 鸿

主管单位 广州市环境保护局

主办单位 广州市环境科学学会

编辑出版 《广州环境科学》编辑部

地 址 广州市广卫路2号之一

广卫商务大厦1708室

邮政编码 510030

电 话 (020)83355374

E-mail: gzhjks@126.com

印 刷 广州市天河彩佳印刷厂

广东省连续性内部资料出版物

登记证粤内登字A第10070号

内部资料·免费交流

## 目 次

### 综述

集成多种新技术提升广州水环境监测应急能力

..... 何坤志, 钟华恩, 苏 协 (1)

### 水环境及污染防治

东太湖水环境管理框架研究与信息系统构建

..... 焦 锋, 黄 龙 (4)

GPC 净化-毛细管气相色谱法测定渔业水体中马拉硫磷

..... 万丽兵, 王 耀, 谢翠美, 等 (8)

关于冶金矿业环境隐患分级指标的讨论

..... 廖 岩, 兰竹虹 (12)

### 固体废物及处理

硫酸铝对垃圾渗滤液处理效果的实验研究

..... 张 涛, 任 昭, 刘智峰 (16)

双膜法在印染废水处理中的应用

..... 林文周, 赵娟娟 (19)

### 环境生态

外来入侵种薇甘菊在广州的分布与危害

..... 廖庆强, 姚素莹, 梁秩桑 (23)

城固茶园土壤原生动动物群落结构与物种多样性调查

..... 郑立柱, 王妮娜, 刘智峰 (28)

### 环保与节能

电除尘器的效率改进及其安全管理

..... 唐崇杰 (32)

### 环境教育

广州市小学环境教育模式探讨

..... 区宝华 (36)

### 环境信息与计算机技术

基于 Excel 和 Matlab 在环境质量评价聚类分析中的应用

..... 韩 波, 全玉山, 韩 坤 (40)

### 动态信息与简讯

“十一五”期间我国实现城镇污水处理能力翻番 (11) 举报环境污染  
共建美好家园——市长致全体市民的公开信 (22) 搞好节能减  
排 创建绿色社区 (31) 广州市环境监测中心站与中国科学院广州地球  
化学研究所合作建立博士后科研基地和城市大气环境联合实验室 (35)  
支持绿色亚运, 了解环境监测 (43) 《广州环境科学》征稿启事 (44)

### 封面摄影

东湖春晓

琚 鸿

## 集成多种新技术提升广州水环境监测应急能力

何坤志 钟华恩 苏 协

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 多功能环境监测船是珠江流域第一艘集日常水环境监测、水环境应急监测和应急指挥功能于一体的专业监测船, 具备水环境监测, 环境污染应急指挥, 污染事故处理和环保执法, 以及珠江整治和科研考察等方面功能, 为顺利开展环境应急监测、常规水体质量监测、环境保护执法以及珠江整治和科研考察提供安全、有效的科学工作平台, 保证亚运会水体安全。

**关键词** 多功能 水环境监测 应急指挥 污染事件处置

多功能环境监测船的投入使用强化了环境污染事件的应急处理能力, 能快速、准确地进行污染事件应急监测和及时、妥善地处理突发性环境污染事件; 有效地开展珠江河段水环境监测断面采样监测、饮用水源地监测断面采样监测、水功能区监测断面采样、珠江广州跨市河流监测断面的采样监测、水污染事故监测、水污染源跟踪等方面的现场监测工作。穗环监多功能监测船在广州亚运中使用, 保证亚运会期间水体的安全, 为亚运会的顺利进行提供保障。

### 1 建造功能

多功能环境监测船是珠江流域第一艘集环境应急监测和应急指挥功能于一体的工作专业船, 具备水环境污染事故应急处理指挥和环境保护执法, 以及珠江整治和科研考察等方面功能, 能进行环境监测现场样品采集及样品保存和实验室检测分析, 为现场监测和现场应急处置提供安全、有效的科学工作平台。多功能环境监测船示意图如图 1。



图 1 多功能环境监测船

### 2 监测航区范围

多功能环境监测船属于内河快速船, 适应航行于广州市辖区内的河流和周边地区河流以及河口附近水域, 航区距离长、航道水文情况复杂, 涉及的河流有: 白坭河, 流溪河, 广州河段, 东江, 西江, 北江和广州三大河流出口, 内伶仃等附近水域。监测船综合了内河至河口近海水域 A 级航区环境应急监测能力, 具备水环境监测连续工作的续航能力。

### 3 功能布局

多功能环境监测船航速达到 16.5 节(32 海里), 全长 32.3 m, 宽度 6.4 m, 水线以上高 7 m, 吃水深度 1.3 m, 总吨位为 102 t, 具有较好的平稳性。全船 2 层半布局, 顶层为驾驶室和观察平台(图 2); 第 2 层为应急事件处理指挥室(图 3)、电脑操作房(图 4)和生活设施; 甲板以下半层为监测实验室(图 5)和机仓等。



图 2 观察平台





图3 应急事件处理指挥室



图4 电脑操作房



图5 监测实验室

#### 4 船体设置

多功能环境监测船在建造过程中充分考虑了各种使用功能,以及要求航区长、航道水文情况复杂,行驶水域要穿越各大小桥梁,在监测采样过程中经常要左右穿插行驶,经常要靠船浮动航标、码头和船只等因素,采用合理的航速,允许的高度,方便工作的干舷高度;采用减小水浪产生的压浪措施,降低由于监测船高速行驶过程产生的水浪对停泊船只、过往小船只、水上施工、堤岸安全产生的影响;船体加强抗碰撞能力,船身控制一定的重量,适应航区范围,要求吃水浅,采用钢铝船体结构,甲板以下外层

为钢结构,甲板以上为铝合金结构;采用较大的船宽,以获得较大的布置及操作空间,有较好的平稳性、一定的抗风能力;为减小振动和排烟对船体各功能区间的影响,烟气排放口布设在尾部。

监测船使用驾驶灵活、操作性好的双机推进、电动液压双舵机系统,使用两台进口发电机组;同时,船上配置了包括卫星定位、导航雷达仪器,航速、发动机转速指示装置,警示、海事通信装置,航行测深仪,燃料、生活用水使用量安全预警装置等一批辅助设备;此外,要求良好工作环境,配备中央冷暖空调供各仓室使用。

#### 5 环境监测配套设备

船上根据河流水深差异设有3台不同层次水质样品采集泵,能实现对不同深度水体进行采样和样品保存;根据便携式快速仪器现场监测配套需要,安装了九套不同规格的仪器配套监测管网,能及时进行水体环境多种污染物各指标项目的现场监测;考虑河道水文状况及环境气象要素和水生物、底栖、河泥污染情况,配备了水文(图6)、气象自动监测仪器(图7)和两台底质、水生物样品采集专用电动吊杆设备(图8);配置样品贮藏柜和样品存储冰箱;方便内河涌和浅水区域监测采样及登岸工作,配挂发动机玻璃钢快艇(图9);配合环境监测、实验室特殊用电要求,配置仪器分析专用的稳压电源。



图6 水文监测仪



图 7 气象参数仪



图 8 底质、水生物样品采集专用电动吊杆设备



图 9 玻璃钢快艇

## 6 应急监测指挥系统

监测船具备污染事件观察,应急指挥功能。船上配置了通信、现场图像传输设备(3G 传输系统和海事卫星传输系统),主要用于船内、外监控及信息图像传输;布设了 3 套远、近实时监控摄录装置;配套了屏幕显示装置、无线传真设备和 GPS 定位装置。同时研发了现场监测分析、应急指挥处理系统,该系统利用实时监测的环境水文、气象要素和环境监测数据通过污染物扩散预测模式进行统计,现场综合分析,制定决策措施方案,现场结果实时传送给政府部门,并可接收政府部门反馈信息和远程搜索岸上资料。应急监测指挥系统详尽设置了亚运各场馆环境状况及污染风险源情况,为亚运环境安全保障做好应急预案和防护准备。应急监测指挥系统水环境预警预测模型见图 10。

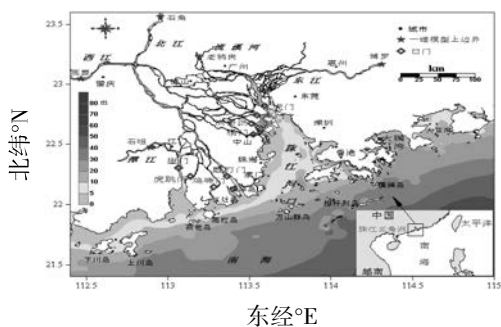


图 10 应急监测指挥系统水环境预警预测模型

## 7 防护装置

多功能环境监测船还充分考虑了环保和防护要求。船体有自身处理水污染物的净化设备和油污收集储存装置以及治理黑烟排放设施,油污水实现岸上收集处理不直排江河;同时采用噪音低、振动小、黑烟排放量低的进口发动机和发电机组,主机、发电机组排气系统通过设于舵机舱内的消音器将废气从尾部排至船外。船上具备密闭防护门窗,防止有毒气体入侵工作间,配备应急防毒空气过滤设备。

多功能环境监测船的投入使用,强化了我市环境污染事件的应急处理能力,为广州市区域附近范围的环境事故应急处理,政府相关领导能及时、快速、安全地到达现场进行环境污染事故应急处理指挥和环境保护执法,以及珠江整治和科研考察等提供安全、有效的科学应急处置工作平台。

(下转第 18 页)

## 东太湖水环境管理框架研究与信息系统构建<sup>\*</sup>

焦 锋 黄 龙

(苏州科技学院, 江苏 苏州 215011)

**摘 要** 东太湖从功能上看,集水源地、航运、养殖、泄洪等功能于一身,但目前其功能的发挥受到人为作用的重大影响,主要表现为水质下降,渔业养殖无序发展,大量占用水面,日益严重的沼泽化问题。在现有的东太湖水环境研究及管理措施中,不同的研究从不同的角度进行探讨,但明显缺乏一个完整的管理框架进行综合管理,也无法动态地对东太湖水环境实施预警与管理。本研究提出了一个综合管理框架,并结合计算机、GIS、模型进行初步尝试,为动态、迅捷的东太湖水环境问题决策提供工具和手段。

**关键词** 水环境 管理框架 信息系统 东太湖

东太湖是太湖东南部东山半岛东侧的湖湾,与西太湖之间以狭长的湖面相通,南为东茭嘴,北对陆家港,其末梢一直延伸到瓜泾口,长约 30 km,最大宽度 9.0 km,面积 132 km<sup>2</sup>。东太湖从功能上看,集水源地、航运、养殖、泄洪等功能于一身。首先,上海所用的自来水,70%左右来自太湖,上海主要的水源来自于黄浦江,其有三大支流。黄浦江北支源自太湖和淀山湖,太湖出水通过太浦河,与淀山湖出水的拦路港汇合后,经斜塘入黄浦江,是黄浦江来水中水质最好的一支;中支、南支主要承汇浙江地区来水,水质较差。因此,太湖、太浦河与上海黄浦江供水安全和水环境改善等有直接关系。其次,东太湖也是重要的水产养殖基地,目前实际围网、围堤养殖的面积在 66.7 km<sup>2</sup> 以上,湖面上到处都是密密麻麻、一望无际的木桩和鱼网。再次,东太湖是太湖的主要泄洪水域之一,太湖洪水经过东太湖进入太浦河,设计每年承泄太湖洪水的 50%。

### 1 东太湖水生态与水环境问题

#### 1.1 围垦促使湖面日益缩小

在东太湖功能失调的演化过程中,人为作用特别是围湖垦殖对东太湖的影响较大。图 1 实线为采集 1969 年 1:5 万地形图湖岸线,虚线为采集 2005 年出版 1:1 万地形图数据,经配准叠加处理。从图上可见,东太湖北部湖岸线变化最大,除了内部少量水道

外,很多水域都已变成陆域,以鱼塘养殖为主。西岸界线变化相对较小,东岸有一定的扩展,整个东太湖水面积减小速度很快。



图 1 东太湖湖岸变化

据研究,1984~2002 年,东太湖湖泊总面积减少约 249 hm<sup>2</sup>,1994~1997 年是东太湖面积减少最快时期<sup>[1]</sup>。1997~2002 年减速其次,萎缩的原因在于围垦养殖。从空间分布看,东、北部主要水面减少较快,主要用于围垦养殖。

#### 1.2 围网养殖强度过大促使生态系统恶化、沼泽化加剧

湖面围网是东太湖沼泽化的另一重要原因,但据杨英宝的研究,1990 年,围网面积占全湖面积的 9.5%,1995 年占全湖面积的 19.48%,2003 年占全湖面积的 79.25%<sup>[1]</sup>。东太湖允许围网的面积只有

注: \* 项目基金: 中科院项目(KZCX2-311)

收稿日期: 2010-08-27, 修改稿收到日期: 2010-09-11

25 km<sup>2</sup>,目前的围网面积是允许面积的 4 倍。网围养殖需投放玉米、死鱼虾等大量饵料,残饵沉积湖底,成为水中有害藻类生长的肥料,会使水质的富营养化更加严重。此外,投放的部分水草腐烂和螃蟹排泄物会对水质造成不良影响,这些物质不断沉底也不断抬高湖底,使沼泽化的趋势日益严重。由于渔业养殖压力过强、过大,太湖湖区生态系统已经退化<sup>[2]</sup>。

### 1.3 由于东太湖淤积严重,造成太浦河排泄太湖洪水的功能难以正常发挥

有关部门曾对太浦河入湖喇叭口段进行疏浚,但喇叭口以上至东太湖入口东茭嘴间的湖区,阻水仍十分严重,严重影响太浦河的行洪功能,这也直接影响到太湖流域的防洪调度。因此东太湖目前水环境的功能发挥紊乱,急需从系统的角度进行调节管理。

### 1.4 湖泊富营养化问题

东太湖水体中的氮磷含量在近些年呈上升趋势,有长期的监测数据表明,东太湖自上世纪 60 年代以来,除 COD 呈下降趋势外,氮磷指标呈上升趋势,2002~2003 年的氮磷含量已使全湖主要水体呈中、富营养状态<sup>[3]</sup>。因此东太湖的富营养化的问题值得进一步关注。

综上所述,东太湖水体在自然、人为作用下正在快速的沼泽化,特别是人为作用在近几十年中东太湖的沼泽化过程扮演着重要的角色。短期看,沼泽化影响了东太湖水环境功能的发挥;长此以往,东太湖在不远的将来就会逐渐消亡。

## 2 东太湖水环境管理机制分析

### 2.1 东太湖水环境问题机制分析

从上面的分析可知,东太湖现有的环境问题主要是沼泽化问题,沼泽化是东太湖沿岸的人为影响,叠加上东太湖水体内部的各自然要素共同作用于东太湖生态系统而产生的系统反馈。作为连接系统各要素的主要成分是氮磷元素的流动。水环境和水生生态系统出现各种问题,其核心问题是氮、磷元素流动的失衡,其机制见图 2。

其中,藻类产生的富营养化问题从实质上看,是藻类由于氮、磷过多加上适合的光照、水温等环境条件造成藻类无控制疯长产生的水环境问题。从污染源来看,东太湖氮、磷物质主要来自工业、农业面源、

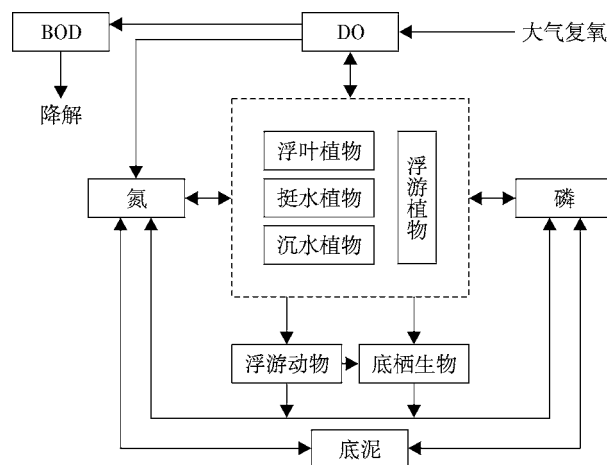


图 2 东太湖生态系统概念模型

生活污染,加上底泥的释放,氮磷物质总体入湖量不小,有文献表明东太湖水体中的 N、P 含量确在上升,但目前看来,东太湖藻类爆发迹象不明显,仍是个草型湖。分析其原因,主要是由于生态系统中存在着藻类等浮游植物与其他水生植物、水生动物之间的相互竞争、捕食的关系,由于藻类的生存环境受到抑制,藻类的总体生物量不大,因而“藻类爆发性”生长的可能性较小,尚不构成严重危害。但在目前整个太湖面临的严重的藻类爆发的背景下,提高对富营养化的防范和预警仍是东太湖面临的重大管理问题。

东太湖沼泽化问题是整个太湖区域中一个比较独特的问题。沉积的物质除了来源东太湖外部随水流携带的物质外,很重要的一个来源是生态系统内部演替过程中水生植被死亡的残体沉积。另外东太湖沿岸由于径流冲刷直接和间接进入东太湖水体的泥沙物质也是一个重要来源。在三个来源中后两个是可控可管的因素。由图 2 可见,水生植物的沉积量的发生机制主要是浮叶植物、挺水植物、沉水植物的残体沉积发生。沉积量的多少和三者的生物量有关以及植食生物消费量有关,而生物量的多少和水体中的氮磷元素的供给直接相关。

### 2.2 东太湖水环境管理机制

针对目前东太湖水环境问题现状,东太湖沼泽化与富营养化构成东太湖水环境管理的两条主线,两者相互矛盾相互作用。当浮叶植物、挺水植物、沉水植物生物量较大时虽然较好的抑制了富营养化的发展,但却加剧沼泽化的发展;当上述三者生长受到

抑制时,藻类生长可能会加速,富营养化可能得到加强。这两个问题也直接影响了东太湖渔业养殖功能、生活饮用水水源地功能。因为当浮叶植物、挺水植物、沉水植物生物量较大时,为摄食的浮游动物提供了较多的饵料,促进了养殖业的发展,并可通过养殖业收获将氮磷取出水体。同时由于这些植物的吸收功能,一些污染物在植物体内吸附累积,净化了水体,水质得到保护。虽然现在看来东太湖沼泽化问题占主导地位,但从大的管理格局看,如何协调这两者的关系仍是东太湖环境管理的关键。

综合现有研究文献提及的管理措施看<sup>[4-5]</sup>,有如下几种:

- 1) 收割水草,减少沉积,提出氮磷物质;
- 2) 控制东太湖沿岸污染输入;
- 3) 控制水体围网养殖规模,控制围垦养殖规模;
- 4) 合理安排鱼种形成良性的生态系统结构;
- 5) 底泥清淤改造。

综上所述,可以用图来描述东太湖环境管理系统,见图 3:

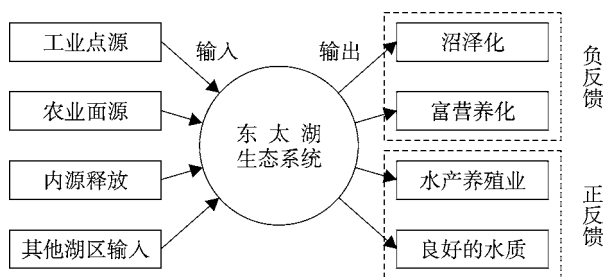


图 3 东太湖环境管理系统

框架分 3 个部分,一是输入,二是生态系统,三是输出反馈。该框架可以综合目前所有的东太湖水环境、水生态系统的各个领域的技术措施,可将治理措施分成 2 大类:

- 1) 控制污染源;
- 2) 调控生态系统。

通过两大类措施的组合就可得到不同时段、针对不同环境现状的东太湖综合治理方案,并可通过优化技术获得经济效益、生态效益最佳的治理方案。

### 2.3 东太湖水体生态系统的模拟及表达

以湖泊水生植被为核心建立的如下项目的控制方程:藻类、挺水植物、沉水植物、浮叶植物、浮游动物、有机磷、无机磷、氨氮、亚硝酸盐、生化需氧量、溶

解氧、总溶解固体以及悬浮物等对于每一个项目采用湖泊通用的垂直一维、带扩散方程来描述:

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} + (V - V_s) \frac{\partial c}{\partial z} &= -\frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\partial z} (A D_z \frac{\partial c}{\partial z}) + \frac{S_{int}}{A} \\ &+ \frac{1}{A} (Q_{in} C_{in} - q_{out} C_{out}) \frac{S_{int}}{A} \\ &= -\frac{dC}{dt} \end{aligned}$$

对于由上式构建的任一项目的详细微分方程,这里不再一一说明。

## 3 东太湖水环境信息系统分析与设计

### 3.1 系统分析及系统设计

东太湖水环境管理系统有以下需求:

- 1) 提供良好的人机界面,动态的、及时的了解、评价东太湖水环境现状;
- 2) 提供空间数据、属性数据的管理功能,及时的进行数据的维护更新;
- 3) 支持数据及成果的可视化输出;
- 4) 支持东太湖水环境及相关问题决策。

根据以上系统需求,进行系统概念框架设计,如图 4,系统以东太湖及沿岸的空间数据、属性数据为基础,以空间数据库和关系数据库为数据管理工具,另外,构建模型库,模型库以东太湖生态系统模型为核心,加上环境评价工具(沼泽化、富营养化评价)、水质模型以及数据分析、统计算法,模型之间相互耦合,构成系统的完整的模型工具库。模型库通过 I/O 接口和数据库相连,实现数据库对模型工具的数据支撑,在此工作机制下设计其功能模块。

### 3.2 系统功能设计及数据需求

系统的主要功能有:

- 1) 数据输入、输出,专题图的设置与图形输出等。
- 2) 数据的查询,包括几何方式空间查询及表达式查询两种方式。
- 3) 地图操作、鹰眼图功能。
- 4) 数据的预处理与统计分析,实现对社会经济数据和水环境数据的统计、排序、计算统计特征值等功能。

5) 辅助决策工具,决策的目标针对东太湖富营养化问题和沼泽化问题。该功能以东太湖生态系统集总参数模型为核心,接受动态的模型参数输入,参



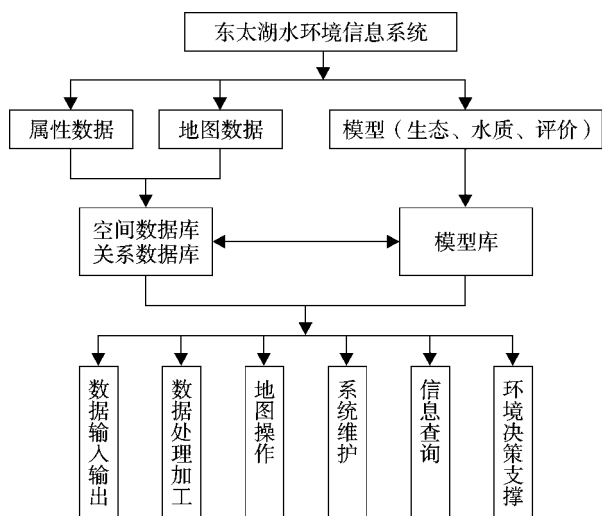


图4 系统框架设计

数有如下几类: ① 生物学参数, 包括浮游植物生长速率; 死亡速率; 浮游动物的死亡率; 生长率; 浮游动物的食藻率; 各级消费者的捕食率; 生物体内氮磷含量等; ② 底泥参数, 包括底泥对氮磷物质的吸附、释放速率、有机磷在底泥中的富集速率等; ③ 氮磷物质、BOD、DO 的化学转化过程的转化参数。如有机磷的降解速率、氨氮的硝化速率、亚硝酸盐的硝化速率、硝酸盐的反硝化速率、BOD 的降解速率、各盐类、藻类耗氧常数等, 由于参数众多, 这里不再一一说明。通过模型模拟计算输出定量的沼泽化和富营养化治理措施及方案。计算结果包括湖水平均氮磷浓度计算、富营养化指数计算、污染输入总量控制计算、水生植物收割量计算、养殖业污染输入及养殖规模计算、水生植物残积量计算等和管理目标直接相关的关键变量。

数据主要包括基础地理数据及专题数据, 陆地数据采集范围以 2005 年江苏省测绘局出版的 1:1 万地形图数据为依据, 鉴于东太湖沿岸地势平坦, 因此以微地形凸起处、低山、京杭运河为流域界限划定数据采集范围。主要数据有地形(等高线、高程点)、居民点、河流湖泊、鱼塘。专题数据有: 工业污染源数据、土地利用数据、沿岸政区界限、各行政区人口分布、入湖河口及出湖河道监测数据(水文数据、水质数据)、湖泊水文数据、湖底高程数据、水生植物分布、气象气候数据等。

系统采用: VB+MapX+SQL 数据库的组合方式进行开发, 系统总体交互界面如图 5:

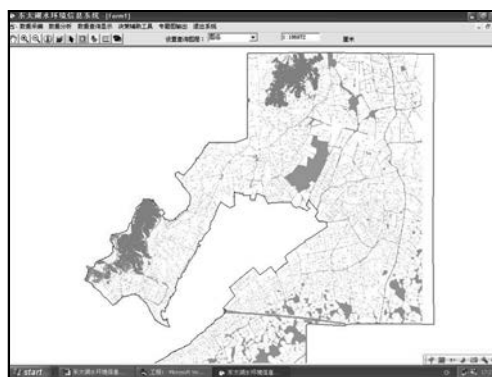


图5 东太湖信息系统窗口界面

## 4 结论

东太湖虽是太湖东部的一个区域, 其面临着与其他湖区不同的水环境问题, 即较为严重的沼泽化问题, 目前的各类研究确为东太湖水环境治理提供了治理依据, 但总体来说, 各类研究仅仅从某个角度研究出发提供治理措施, 东太湖水环境管理仍缺乏一个完整的管理框架, 本研究力图提供一个分析管理框架以便综合现有的研究成果, 动态的为东太湖水环境决策提供依据。从实现手段看使用计算机程序结合模型计算以及 GIS 工具能较好满足东太湖水环境问题的空间管理的特性, 本研究对东太湖水环境管理框架进行了初步探讨并进行了程序方面的研发。研制开发中存在以下问题: ① 由于湖泊环境及生态系统的复杂性, 核心的生态系统模型精度仍有待进一步提高; ② 另外集总模型解决如此大范围的生态系统问题时, 不能较好的考虑内部的差异性, 这也限制了模型作用的发挥。因此在现有基础上考虑分布式模型的研发应是未来东太湖水环境管理的发展趋势。

## 5 参考文献

- [1] 杨英宝, 江南, 殷立琼, 等. 东太湖湖泊面积及网围养殖动态变化的遥感监测[J]. 湖泊科学, 2005, 17(2): 133-138.
- [2] 谷孝鸿. 东太湖渔业发展对水环境的影响及其生态对策[J]. 上海环境科学, 2003, 22(10): 702-704.
- [3] 白秀玲, 谷孝鸿, 杨龙元, 等. 东太湖水环境现状及保护对策[J]. 湖泊科学, 2006, 18(1): 91-96.
- [4] 吴庆龙, 胡耀辉, 李文朝, 等. 东太湖沼泽化发展趋势及驱动因素分析[J]. 环境科学学报, 2000, 20(3): 275-279.
- [5] 吴庆龙, 李文朝, 胡耀辉, 等. 东太湖沼泽化防治研究[J]. 上海环境科学, 2000, 19(8): 355-357.

(下转第 39 页)

## GPC 净化 – 毛细管气相色谱法测定渔业水体中马拉硫磷

万丽兵<sup>1</sup> 王 耀<sup>2</sup> 谢翠美<sup>2</sup> 刘少彬<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>广州市环境监测中心站, 广州 510032; <sup>2</sup>东莞市海洋与渔业环境监测站, 广东 东莞 523079)

**摘 要** 建立了凝胶色谱净化 – 毛细管气相色谱法测定渔业污染事故水体中马拉硫磷的分析方法。样品被三氯甲烷萃取后,经凝胶渗透色谱(GPC)净化除去脂类、色素等,采用脉冲不分流进样模式,GC-FPD 法分析,外标法定量。方法检测限为 0.016  $\mu\text{g/L}$ ;加标水平为 1.00  $\mu\text{g/L}$  时,实际样品回收率为 83.7~94.2%。该方法自动化程度高,净化效果好,重现性好,准确灵敏。实际样品检测结果表明,此方法满足复杂水体中马拉硫磷残留检测要求。

**关键词** 凝胶渗透色谱 气相色谱 马拉硫磷 渔业污染事故

高效、低毒的有机磷类杀虫剂在华南地区大量用于喷洒果林,防治病虫害。雨季来临时,这些喷洒的农药随暴雨集中流入地势较低的鱼塘等水域,可造成鱼类的爆发性的集中死亡。马拉硫磷是有机磷杀虫剂中使用最为广泛的农药之一,在农业领域的广泛使用已造成水体的污染,成为渔业水质环境和渔业污染事故分析的重要监测项目。目前国内外检测马拉硫磷的方法主要有:电化学法<sup>[1-4]</sup>、酶联免疫法<sup>[5]</sup>、流动注射法<sup>[6]</sup>、分光光谱法<sup>[7-8]</sup>、气相色谱法<sup>[9-10]</sup>、液相色谱法<sup>[11]</sup>、气质联用法<sup>[12-13]</sup>和液质联用法<sup>[14-15]</sup>等,其中气相色谱法是最通用的检测方法。文献研究集中在食品和净水体领域<sup>[6,14-15]</sup>,尚无文献报道测定养殖水体中马拉硫磷残留。养殖水体由于生活垃圾和投放动物性饲料,水体富营养化严重,存在大量脂类和色素等;当渔业污染事故发生后,鱼类集中死亡所分泌的粘液,令水质变臭,基体更为复杂。按国标 GB/T-1991 分析渔业污染事故水体中马拉硫磷,水样经萃取后变成携有空气泡的“果冻”,若不进行净化,萃取液中的杂质会污染进样口、色谱柱和检测器,对分析造成极大干扰。本文利用分液漏斗振荡仪自动萃取,凝胶渗透色谱净化,毛细管气相色谱测定渔业污染事故水质中的马拉硫磷,取得良好效果。方法具有自动化程度高、净化效果好、精密度好、准确灵敏等优点,适用于富营养化水体马拉硫磷残留的测定。

### 1 实验部分

#### 1.1 仪器与试剂

Agilent7890A 气相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司);AccuPrep™AccuVap 凝胶渗透色谱在线浓缩仪(美国 J2 Scientific 公司);syncore 型多样品定量浓缩仪(瑞士 BüCHI 公司);ORION 410C-01pH/电导率测量仪(美国热电公司);MS1 涡旋振荡器(德国 IKA 公司);分液漏斗振荡仪 MMV-1000(上海和杰科技有限公司);N7/H 马弗炉(德国 NABERTHERM 公司);5GH-500 高纯氢气发生器(北京东方精华苑公司);WJK-6A 无油空气净化泵(杭州科晓化工仪器设备有限公司);1.00 g/L 马拉硫磷标准溶液(国家标准物质研究中心);乙酸乙酯、环己烷为进口色谱纯试剂;三氯甲烷、盐酸、无水硫酸钠为国产分析纯试剂。

#### 1.2 实验步骤

##### 1.2.1 样品萃取

取环境水样 200 mL 于 250 mL 烧杯中,调 pH 值至 6.5,然后将试样转移至 250 mL 分液漏斗中。将分液漏斗置于分液漏斗振荡器中,用三氯甲烷分 2 次萃取水样,每次用量为 10 mL,萃取时间为 20 min。萃取液经无水硫酸钠柱脱水后,用多样品定量浓缩仪于 35  $^{\circ}\text{C}$  真空蒸发至干。用适量环己烷 – 乙酸乙酯(体积比为 1:1,以下简称溶剂 A)溶解残余物后转移至 10 mL 离心管,溶剂 A 定容至 10 mL。将此 10 mL 样品经 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤后转移至 GPC 进样瓶,供 GPC 净化用。

##### 1.2.2 凝胶色谱净化

GPC 条件:采用 450 mm  $\times$  15 mm(柱长  $\times$  内径)

Bio-Beads S-X3 净化柱, 流动相: 溶剂 A; 流速: 4.7 mL/min; 定量环: 5.0 mL, 检测波长为 254 nm。取“1.2.1”节中所得样品经凝胶色谱中进行净化、收集 9~17 min 时间段的洗脱液, 在线真空浓缩至 1.0 mL, 转移到 GC 进样瓶, 供 GC 检测。

1.2.3 气相色谱条件

色谱柱: DB-1701 石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 进样量 1 μL。脉冲不分流进样, 脉冲压力为 30 psi, 脉冲时间为 0.75 min。升温程序为: 初温 100 ℃, 保持 3 min; 20 ℃/min 至 220 ℃, 保持 11 min。进样口温度 240 ℃, 检测器温度为 230 ℃, 氢气: 75 mL/min, 空气: 100 mL/min。载气为氮气, 流速 1.0 mL/min。

2 结果与讨论

2.1 净化方式的选择

渔业污染事故水体中基质复杂, 萃取液可能含有大量脂类物质、色素和粘性物质等。这些高沸点的物质沉积在进样口和柱头中, 污染毛细管色谱柱, 给检测带来严重干扰。传统的活性炭净化法拥有良好的吸附性能, 但选择性不强, 造成目标物的大量损失; 固相萃取等净化方式, 可富集有机磷<sup>[3,9-10]</sup>, 亦可净化脂类、色素等杂质, 但无文献证明可除去鱼类粘性分泌物杂质。GPC 能有效地去除样品中的脂类、色素等干扰物, 常用于脂肪含量较高的动物源性食品的净化<sup>[16-17]</sup>, 但将 GPC 应用于复杂水体中有机磷农药的净化较为少见。本文利用 GPC 对渔业水体中马拉硫磷进行净化, 效果良好。结果表明: 马拉硫磷在 9~14 min 流出凝胶色谱柱, 如图 1 所示。因此收集 9~13 min 样品能够去除样品中脂类、蛋白及绝大多数色素干扰物, 而不损失目标物。本文确定收集时间为 9~13 min, 流出液在线真空浓缩为 1.0 mL, 待测。

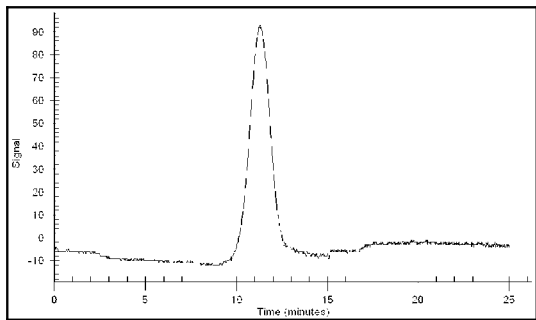


图 1 马拉硫磷的 GPC 色谱图

2.2 线性范围、检测限和精密度实验

准确配置 10.0、25.0、50.0、100.0、200.0、300.0、400.0 和 500.0 μg/L 马拉硫磷标准溶液。在 1.2.3 所述色谱条件下进行分析测试。结果表明, 在 10.0~500.0 μg/L 范围内, 峰面积值与马拉硫磷浓度呈良好的线性关系, 结果如图 2 所示。添加低浓度标准溶液于阴性水体 (超纯水), 按本文实验条件进行萃取、净化、色谱进样, 计算得到其检测限为 0.02 μg/L。分别添加浓度为 25.0、50.0、100 μg/L 和 300.0 μg/L 的马拉硫磷标 7 组平行样, 测定结果相对标准偏差 (RSD%) 范围为 3.82~5.93%。

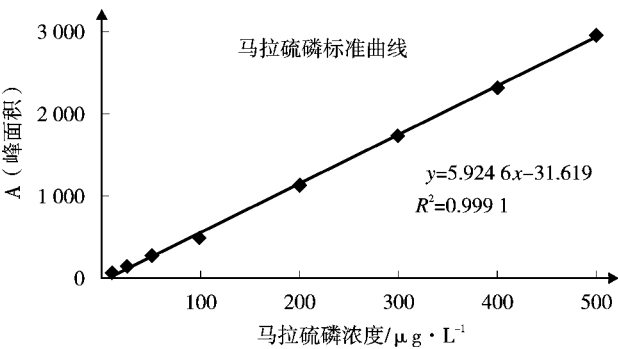


图 2 气相色谱法测定甲基对硫磷的工作曲线

2.3 实际样品测定及其加标回收率

结合渔业污染事故调查对不同类型养殖水体的实际样品, 按上述分析方法进行测定, 并进行回收率实验。结果表明: 利用凝胶渗透色谱净化 – 气相色谱检测养殖水体中马拉硫磷的残留, 可完全除去脂类、色素等杂质, 将基体影响降到最低, 如图 3 所示。当水样中马拉硫磷添加水平为 1.00 μg/L 时, 样品加标回收率达 83.7~94.2%, 满足检测需要, 如表 1 所示。

表 1 实际样品测定及其加标回收率

水样种类	含量 μg/L	添加量 ng	回收量 ng	回收率 %
对虾养殖水体	0.02 L	100.0	83.7	83.7
罗非鱼养殖水体	0.37	100.0	88.1	88.1
塘鲢鱼养殖水体	0.52	100.0	86.7	86.7
四大家鱼养殖水体	0.02 L	100.0	92.5	92.5
中华鳖养殖水体	0.02 L	100.0	87.3	87.3
海水鱼排养殖水体	0.02 L	100.0	94.2	94.2

注: 结果中有“L”的表示未检出, 其数值为检出限。

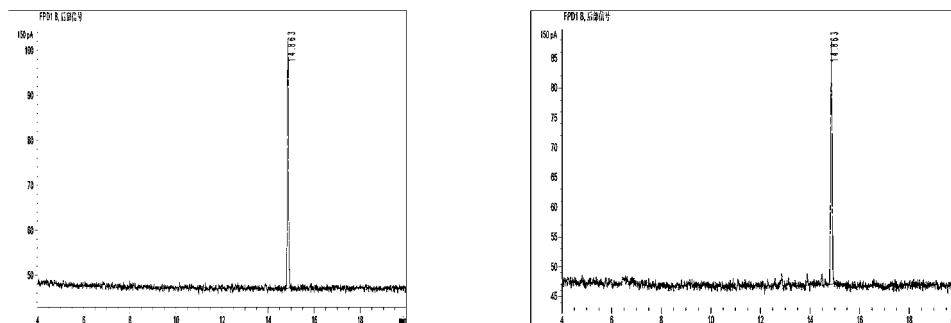


图3 马拉硫磷标准溶液(a)与某阳性样品的 GC-SPD 色谱图(b)

### 3 小结

本文建立了凝胶渗透色谱净化-气相色谱测定养殖水体中马拉硫磷的方法。方法具有自动化程度高,净化效果好,精密度高等优点,可用于渔业污染事故中对于养殖水体中马拉硫磷的测定工作。

### 4 参考文献

- [1] 张璐,张耀东,漆红兰. 多壁碳纳米管修饰酶电极测定马拉硫磷[J]. 电化学, 2007, 13(4): 431-435.
- [2] Witold Ciesielski A, Monika Skowron, Piotr Bal czewski, et al. Etermination of some thiophosphorus insecticides based on coulometric titration with the anodically generated chlorine: a further insight in the reaction mechanism in aqueous medium[J]. Talanta, 2003, 60: 725-732.
- [3] Carmen Garc í a-Ruiz A, Gloria ú lvarez-Llamas B, ú ngel Puerta, et al. Enantiomeric separation of organophosphorus pesticides by capillary electrophoresis Application to the determination of malathion in water samples after preconcentration by off-line solid-phase extraction[J]. Analytica Chimica Acta, 2005, 543: 77-83.
- [4] Mohammad T, Jafari. Determination and identification of malathion, ethion and dichlorvos using ion mobility spectrometry[J]. Talanta, 2006, 69: 1054-1058.
- [5] Marta Garcés-García, Eva M Brun, Rosa Puchades, et al. Immunochemical determination of four organophosphorus insecticide residues in olive oil using a rapid extraction process[J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 556: 347-354.
- [6] 孟范平,何东海,朱小山,等. 利用流动注射型乙酰胆碱酯酶传感器监测海水中马拉硫磷[J]. 分析化学, 2005, 33(7): 922-926.
- [7] Guillermo Quintás, Asunción Morales-Noé, Sergio Armenta, et al. Fourier transform infrared spectrometric determination of Malathion in pesticide formulations[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 502: 213-220.
- [8] Guillermo Quintás, Salvador Garrigues, Miguel de la Guardia. FT-Raman spectrometry determination of Malathion in pesticide formulations[J]. Talanta, 2004, 63: 345-350.
- [9] Ercheng Zhao, Wenting Zhao, Lijun Han, et al. Application of dispersive liquid-liquid microextraction for the analysis of organophosphorus pesticides in watermelon and cucumber[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1175: 137-140.
- [10] Gilmar Antônia da Silva, Fabio Augusto, Ronei Jesus Poppi. Simultaneous optimization by neuro-genetic approach of a multiresidue method for determination of pesticides in Passiflora alata infuses using headspace solid phase microextraction and gas chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1138: 251-261.
- [11] C Padrón Sanz, R Halko, Z Sosa Ferrera, et al. Micellar extraction of organophosphorus pesticides and their determination by liquid chromatography[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 524: 265-270.
- [12] Tomomi Tanaka, Tomiyuki Hori, Takashi Asada, et al. Simple one-step extraction and cleanup by pressurized liquid extraction for gas chromatographic-mass spectrometric determination of pesticides in green leafy vegetables[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1175: 181-186.
- [13] Bruce A Tomkins, Ralph H Ilgner. Determination of atrazine and four organophosphorus pesticides in ground water using solid phase microextraction (SPME) followed by gas chromatography with selected-ion monitoring[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 972: 183-194.
- [14] 俞志刚,刘波,姜兆华. SPE-HPLC-MS 定量法测定果蔬中农药马拉硫磷残留量[J]. 分析试验室, 2008, 27(10): 10-14.
- [15] Hiroyuki Nakazawa, Nobuyuki Takahashi, Koichi Inoue, et al. Rapid and simultaneous analysis of dichlorvos, malathion, carbaryl, and 2,4-dichlorophenoxy acetic acid in citrus fruit by flow-injection ion spray ionization tandem mass spec-

trometry[J]. Talanta, 2004, 64: 899–905.

[16] 吴刚, 鲍晓霞, 王华雄, 等. 加速溶剂萃取 – 凝胶渗透色谱净化 – 气相色谱快速分析动物源性食品中残留的多

种有机磷农药[J]. 色谱, 2008, 26(5): 577–582.

[17] 张磊, 李敬光, 赵云峰, 等. 凝胶渗透色谱法在分析食品中多氯联苯的应用[J]. 环境化学, 2007, 26(2): 197–20.

## Determination of Malathion in Cultural Water by GC After Purification with GPC

Wan Libing Wang Yao Xie Cuimei Liu Shaobin

**Abstract** The residue of malathion in cultural water was detected by gas chromatography (GC) after purification with gel permeation chromatography (GPC). The analyte was extracted with chloroform and then purified with GPC to eliminate the lipids and pigments. The collected solution was analyzed by the GC-FPD and quantified by external standard method. The detection limit of was 0.016  $\mu\text{g/L}$ . The recoveries of malathion pesticide spiked at 1.00  $\mu\text{g/L}$  were in the range of 83.7% to 94.2%. The results from routine sample analysis show that the method is satisfied for the determination of malathion residue in complex cultural water.

**Abstract** gel permeation chromatography (GPC) gas chromatography (GC) malathion cultural water

## “十一五”期间我国实现城镇污水处理能力翻番

随着工业化、城镇化进程加快,经济快速发展,人民生活水平不断提高,污水排放量也在不断增加。城镇污水处理事业的发展,直接关系到城市公共卫生安全与人居环境质量的改善。“十一五”期间,我国不断加大对城镇污水处理设施建设的投资力度,积极引入市场机制,城镇污水处理事业进入发展快车道。截至 2010 年 6 月,全国设市城市、县及部分重点建制镇累计建成城镇污水处理厂 2 389 座,总处理能力达到 1.15 亿  $\text{m}^3/\text{d}$ ,分别是“十五”末的 3 倍和 2 倍。西藏自治区第一座污水处理厂昌都地区污水处理厂的建成调试,标志着我国所有省、自治区、直辖市均已建成城镇污水处理厂,其中北京、上海、山东、江苏、浙江、河南、安徽、海南等省(直辖市)实现了县县建有污水处理厂。

据住房和城乡建设部有关负责人介绍,我国城镇污水处理工作起步较晚,直至上个世纪 80 年代初,才建成第一座现代化的污水处理厂。从 2000 年开始,城镇污水处理事业开始加快发展,城镇污水处理量年均增长超过 10%,十年累计增长 145%。目前我国正在建设的城镇污水处理项目 1 929 个,

可新增污水处理能力约 4 900 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。在建和已建项目处理能力总和预计可达 1.6 亿  $\text{m}^3$ ,基本与美国的处理能力相当,我国将成为全世界污水处理能力最大的国家之一。

污水处理已成为我国实现节能减排工作目标的主要手段,污水处理设施对污染物减排的贡献率不断提高。2009 年,

全国城镇污水处理厂污水处理量达到 279 亿  $\text{m}^3$ ,是 2005 年的 1.9 倍,城市污水处理率已达 75.25%,较“十五”末提高了 23 个百分点;城镇污水处理厂平均运行负荷率达到 76.6%,较“十五”末提高了 11 个百分点。城镇污水处理厂全年累计削减化学需氧量(COD)达 770 多万 t。

“十一五”规划对城镇污水处理提出了一系列目标,要求新增城市污水处理能力 4 500 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,新增化学需氧量削减能力 300 万 t/a,城市污水处理率达到 70%以上。目前,“十一五”规划中有关城镇污水处理的相关指标已基本实现,提前一年完成了规划任务。

“十一五”规划实施以来,尤其是近两年来,各地抓住“保增长、扩内需”的契机,积极推进城镇污水处理设施建设,取得了阶段性成果。针对污水处理工作的特点,明确了各地政府是城市污水处理的责任主体。建立、完善污水收费制度,根据保本微利原则,逐步提高征收标准,强化征收手段,加强资金使用监管。在中央预算补助和“以奖代补”专项资金的大力支持下,城镇污水处理设施建设的投入力度不断加大。同时,积极引入市场机制,建立公平公开的规范管理制度和特许经营制度,打破行业垄断,引入竞争,提高效益。依据“政府建网、社会建厂”的原则,鼓励多元投资主体参与污水处理的建设运营管理。

摘自《人民日报》2010-10-19



## 关于冶金矿业环境隐患分级指标的讨论<sup>\*</sup>

廖 岩<sup>1</sup> 兰竹虹<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>环境保护部华南环境科学研究所, 广州 510655; <sup>2</sup>西南财经大学人口研究所, 成都 610074)

**摘 要** 本文定义了冶金矿业行业环境隐患的含义, 分析了环境隐患与环境事故的关系, 提出了冶金矿业环境隐患危害大小的分级指标。根据冶金矿业行业实际生产情况, 综合考虑敏感点性质和数量、人体健康、生态环境、社会影响和经济损失等因素, 最终指出冶金矿业环境隐患危害大小的定级方法。

**关键词** 冶金 矿业 环境隐患 分级

### 1 冶金矿业环境隐患的定义

环境隐患主要指可能造成、引发环境污染的各种不安全因素。环境隐患的形成主要来自两方面, 一是区域污染性行业总体结构、布局欠合理, 致使对区域环境敏感、保护目标构成污染风险。二是来自行业自身内部生产、管理、技术的缺陷, 导致危及环境质量的污染风险<sup>[1]</sup>。

本文不考虑区域结构、布局不合理导致的环境隐患, 而是以行业自身环境隐患特征为切入重点, 把冶金矿业行业环境隐患定义为: 冶金矿业行业自身内部生产、加工、使用、贮存、运输过程中各类环境危险源, 污染防治的技术、设施与管理存在的缺陷, 以及风险防范与应急处置能力建设等层面出现的问题, 致使有可能发生污染事故, 造成周边环境质量恶化的环境不安全因素。其基本含义包括 3 个方面的内容: ① 行业自身内部生产、加工、使用、贮存、运输过程中各类环境危险源存在的环境隐患因素; ② 污染防治的技术、污染处置设施、设备及相关公共设施故障存在的环境隐患因素; ③ 人为不安全行为、管理不善, 以及污染风险防范与应急处置能力建设不到位存在的环境隐患因素<sup>[2-4]</sup>。

### 2 环境隐患与环境事故的关系

环境隐患的大小是看一旦环境隐患导致事故对环境造成的危害大小。环境隐患被诱发为污染事故时,

可能造成其区域环境因素的直接损害, 如图 1 所示。

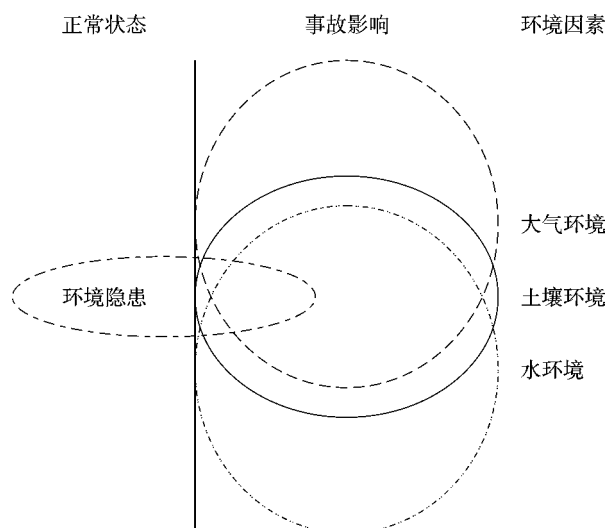


图 1 污染事故环境危害示意

当发生污染事故时, 所受影响的环境因素可能是单一的, 但更多是综合的。污染物在大气、土壤、水介质之间相互迁移和转化, 并扩散至更大区域。因此, 研究环境隐患大小, 则必须对污染事件发生的可能性和污染事故的严重程度进行预测分析<sup>[5]</sup>。

由于发生环境污染事故过程和结果具有很大的不确定性, 对各种“环境危害”可能性进行详细预测分析不切实际, 因此要在“环境危害”未发生前识别出环境隐患因子, 抓住其主要的污染危害特征并进行源项分析预测, 建立环境隐患分级指标体系, 才是

注: \* 基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目“跨区域环境监管制度与若干监管技术规范研究”(2007BAL16B05)和国家高技术的发展计划(863)项目“重大环境污染事件应急技术系统研究开发与应用示范”(2007AA06A404)资助  
收稿日期: 2010-06-10, 修改稿收到日期: 2010-09-08

防患于未然的关键<sup>[6]</sup>。

3 冶金矿业环境隐患分类

冶金矿业环境隐患涉及面很广，根据不同的分类原则，可以有不同的分类方法。矿床类型性质多种多样，地质情况千差万别，开采技术条件千变万化，冶炼技术参差不齐，无一固定的生产模式，给冶金矿业环境隐患的分类带来了特殊性。应紧密结合冶金矿业行业生产实际，以环境事故发生原因，发生机理，事故性质，生产流通过程，污染传播介质，环境危险源位置等作为分类原则，制定适合冶金矿业环境隐患的分类方法。根据矿产性质和冶炼加工方法的差异，把冶金矿业行业环境隐患分为金属矿开采冶炼环境隐患、非金属矿开采加工环境隐患；燃料矿产开采加工环境隐患。具体分类如下：

1) 金属矿开采冶炼：开采金属矿产，并从矿石中提取金属组分的冶炼过程中对周围生态、环境、人体健康等造成的不安全因素。根据矿产性质和冶炼方法，把金属矿分为黑色金属（钢铁）、有色金属（铜、铅、锌、铬、镍等）、稀有金属（钨、钼、钽、铌等）、贵金属（金、银、铂、钯等）、放射性金属（铀、钍等）、稀土金属（镧、铈、钇等）。

2) 非金属矿开采加工：非金属矿产开采，加工过程中对周围生态、环境、人体健康等所造成的不安全因素。根据矿产性质、用途和提取方法，把非金属矿分为元素类非金属（硫、磷等）、矿物类非金属（云母、石膏等）、宝玉石类非金属（玛瑙、砚石等）、岩石类非金属（大理石、砂等）、黏土类非金属（陶瓷土、耐火黏土等）。

3) 燃料矿产开采加工：煤炭、石油等燃料资源进行开发、后加工过程中对周围生态、环境、人体健康等所造成的不安全因素。燃料矿产开采加工一般包括煤炭开采，炼焦、煤气加工、石油开采、天然气开采等过程，对石油等加工过程属于石油化工行业。

4 冶金矿业环境隐患危害大小分级

环境隐患危害的大小与诸多因素有关，一般都是由经验判断，其“可信水平”需要大量、详细的环境污染事件实例反复检验才能提得更高。根据冶金矿业环境事故发生时的危害，可将冶金矿业行业环境隐患可能造成的后果的相关因子归纳为敏感点性质及数量、对人体健康的危害，对生态环境的破坏、对社会的影响，直接和间接经济损失 5 个指标。通过细化与环境污染事故危害大小有关的条件因素，量化一些评价指标，来预测考察对象环境事故发生时可能造成的危害的大小。冶金矿业行业环境隐患危害大小  $C$  计算公式有 5 个部分组成，分别为敏感点性质及数量指数( $C_{\text{敏感点}}$ )、人体健康危害指数( $C_{\text{人体健康}}$ )、生态环境破坏指数( $C_{\text{生态环境}}$ )、社会影响指数( $C_{\text{社会影响}}$ )和经济损失指数( $C_{\text{经济损失}}$ )，可以表示为：

$$C = C_{\text{敏感点}} + C_{\text{人体健康}} + C_{\text{生态环境}} + C_{\text{社会影响}} + C_{\text{经济损失}}$$

- $C$ ：环境隐患危害大小，无量纲；
- $C_{\text{敏感点}}$ ：敏感点性质及数量指数，无量纲；
- $C_{\text{人体健康}}$ ：人体健康危害指数，无量纲；
- $C_{\text{生态环境}}$ ：生态环境破坏指数，无量纲；
- $C_{\text{社会影响}}$ ：社会影响指数，无量纲；
- $C_{\text{经济损失}}$ ：经济损失指数，无量纲。

冶金矿业行业环境隐患危害大小分级赋值见表 1：

表 1 发生事故可能造成的后果(C)

分数值	发生事故可能造成的后果	分数值	发生事故可能造成的后果
>100	重大事故，影响范围大，造成重大区域环境质量恶化，社会反响强烈	10~30	一般事故，影响范围较小，造成的区域环境质量变化较小，对社会负面影响较小
60~100	形成事故，影响范围较大，造成区域环境质量恶化，有较大的社会负面影响	5~10	较小事故，影响范围小，造成的区域环境质量变化小，对社会负面影响小
30~60	形成事故，影响范围较大，造成了一定的区域环境质量变化，有社会负面影响	<5	小事故，影响范围小，基本不会造成区域环境质量变化，在社会上基本不会造成负面影响

5 冶金矿业环境隐患危害大小计算

5.1 敏感点性质及数量指数( $C_{\text{敏感点}}$ )

敏感点区的定义主要采用《建设项目环境保护分类管理名录(试行)》(环发[1999]99 号)规定，其他则按通常的环境评价中所关注的敏感点区补充。考察对象环境隐患发生时涉及到的敏感点分为气态

环境敏感点区、水环境敏感点(区)、土壤环境敏感区 3 种,见表 2 至表 4。分别对不同性质敏感点赋予不同类别和分值,分值总和为敏感点性质及数量指数。

表 2 气态环境敏感点区分值

气态环境敏感点区	类别	分值 / 个
居民点(区)、自然村	A	3
幼儿园、学校、图书馆	A	3
医院、疗养院、养老院	A	3
影剧院、娱乐场所	B	2
体育场馆	B	2
饭店、宾馆	B	2
商场、商铺、市场、银行	B	2
党政机关、科研单位、商业办公楼	B	2
码头、车站、机场、广场	C	2
文物保护单位	D	2
风景游览区	D	2
自然保护区	D	2
基本农田保护区	D	2
一般农田、果园	D	2
禽畜圈养场	D	2
储有易燃易爆品单位	E	3
储有毒性气体单位	E	3

表 3 水环境敏感点(区)分值

水环境敏感点(区)	类别	分值 / 个
岸边及附近下游的自来水厂吸水口	A	3
岸边及附近下游的水源保护区	A	3
岸边及附近下游的养殖区、洄游产卵保护区、特殊种群保护区	A	3
岸边及附近下游的水上娱乐区	B	2
岸边及附近下游的农业灌溉取水点	B	2
岸边及附近下游的基本农田保护区	C	3
岸边及附近下游的城镇中心区	C	3

表 4 土壤环境敏感区分值

土壤环境敏感区	类别	分值 / 个
自然保护区	A	3
风景游览区	A	3
基本农田保护区	A	3
一般农田、果园	B	2

5.2 人体健康危害指数( $C_{\text{人体健康}}$ )

一般可以根据环境要素把环境隐患对人体健康的影响分为废水、废气、噪声、废渣、放射性、危险品事故对人体健康的影响,其大小与污染物数量、种类和影响范围内的人口数量直接相关。污染物数量、种类已经在计算各环境要素环境隐患大小时考虑,这里只考虑考察单元环境隐患发生时所影响范围内人口数量( $n$ )和影响半径( $r$ ),分值总和为人体健康危害指数,见表 5。

表 5 环境隐患发生时影响范围内人口数量对应分值

对人体健康的影响	单项评价指标	分值
废水影响人口数量	$5 \leq n < 10$	1
	$10 \leq n < 20$	2
	$20 \leq n < 40$	4
	$40 \leq n$	8
废气影响人口数量	$5 \leq n < 20$	1
	$20 \leq n < 40$	2
	$40 \leq n < 80$	4
	$80 \leq n$	8
噪声影响人口数量	$2 \leq n < 10$	1
	$10 \leq n < 30$	2
	$30 \leq n$	3
	$5 \leq n < 20$	1
废渣影响人口数量	$20 \leq n < 40$	2
	$40 \leq n < 80$	4
	$80 \leq n$	8
	$2 \leq n < 10$	1
放射性影响人口数量	$10 \leq n < 30$	3
	$30 \leq n$	5
	$r < 50 \text{ m}$	1
	$50 \text{ m} \leq r < 100 \text{ m}$	2
危险品事故影响半径	$100 \text{ m} \leq r < 200 \text{ m}$	4
	$r \geq 200 \text{ m}$	8

5.3 生态环境破坏指数( $C_{\text{生态环境}}$ )

根据《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T192-2006)中对生态环境状况分级和对生态环境状况变化幅度分级,把生态环境状况变化幅度分为 4 级,即无明显变化、略有变化(好或差)、明显变

化(好或差)、显著变化(好或差),用  $\Delta EI$  表示,本文只考虑生态环境在冶金矿业考察单元环境隐患发生时可能造成的生态环境变差的情况,分值总和为生态环境破坏指数,见表 6。

表 6 环境隐患发生时生态环境的破坏对应分值

对生态环境的破坏	包含指标	生态环境状况 变化幅度分级	级别说明	分值
生态环境状况变化幅度分级	生物丰度指数	$\Delta EI \leq 2$	生态环境状况无明显变化	2
	植被覆盖指数			
	水网密度指数	$2 < \Delta EI \leq 5$	生态环境状况略微变差	8
	土地退化指数	$5 < \Delta EI \leq 10$	生态环境状况明显变差	16
	环境质量指数	$\Delta EI > 10$	生态环境状况显著变差	25

5.4 社会影响指数( $C_{\text{社会影响}}$ )

冶金矿业环境考察单元隐患发生时引发的社会影响可以分为不同级别,并对不同级别量化,分值总和为社会影响指数,见表 7。

表 7 环境隐患发生时对社会影响对应分值

社会关注程度	较小 1	中等 2	较大 4	重大 6
影响社会范围	村庄 1	乡镇 2	地市 4	省级以上 8
纠纷事件	较小 1	中等 2	较大 4	重大 6

5.5 经济损失指数( $C_{\text{经济损失}}$ )

冶金矿业环境隐患发生时将造成的直接经济损失(预计损失)可以分为不同级别,并对不同级别采用货币量化,分值总和为经济损失指数,见表 8。

表 8 环境隐患发生时对经济影响对应分值

直接经济损失 / 万元	说明	分值
2~8	没有造成明显经济损失	1
8~30	造成经济较小损失	4
30~80	造成经济较大损失	8
80+	造成经济重大损失	15

6 参考文献

[1] 华遵山. 事故隐患分析[J]. 甘肃冶金, 2001, 3: 38-40.  
[2] 陈正. 矿山事故分析与对策[J]. 中国井矿盆, 2003, 34(3): 30-33.  
[3] 张海波, 邹继兴. 矿业开发的安全隐患与环境问题研究[J]. 矿业快报, 2007, 4: 61-63.  
[4] 朱璐. 冶金企业工业污染源的普查和评价[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2004, 29: 132-135.  
[5] 钱新明, 陈宝智. 重大危险源的辨识与控制[J]. 中国安全科学学报, 1994, 3(4): 39-43.  
[6] 赵江, 周慈, 张遵毅. 关于重大危险源辨识及分级技术的讨论[J]. 安全管理, 2004, 6: 28-30.

The Rating Index of Hidden Environmental Threat for Metallurgy and Mining Industry

Liao Yan Lan Zhuhong

**Abstract** The concept of hidden environmental threat was discussed on metallurgy and mining industry, and the relationship between hidden environmental threat and environmental accident was analyzed. The rating index of hidden environmental threat was discussed for metallurgy and mining industry, according to the manufacturing procedure, the characteristic and number of sensitive sites, health threat, ecological threat, social and economic influence.

**Key words** metallurgy mining industry hidden environmental threat rating index

# 硫酸铝对垃圾渗滤液处理效果的实验研究

张 涛 任 昭 刘智峰

(陕西理工学院化学与环境科学学院, 陕西 汉中 723001)

**摘 要** 本文选用硫酸铝作为絮凝剂处理垃圾渗滤液,考察了投加量、搅拌时间、pH 值和温度 4 个因素,研究其对垃圾渗滤液中 COD 去除效果的影响。实验结果表明反应最佳条件为:絮凝剂投加量为 16 g/L, pH 值为 6, 温度为 40 ℃, 搅拌时间为 15 min, 此时色度明显减弱, COD 的去除率可达到 79.8%。

**关键词** 垃圾渗滤液 絮凝剂 影响因素 COD 去除率

近年来,随着我国城市化进程的不断加快,城市生活垃圾越来越多。由于城市生活垃圾中有机成分含量大、水分含量高,因此垃圾堆积填埋后经发酵会产生多种分解物,再经雨水和地表径流的淋溶综合作用,会产生高浓度的有机污水,即垃圾渗滤液。垃圾渗滤液不仅含有高浓度的有机、无机污染物导致色度深、水质复杂,而且氨氮含量和重金属含量很高,如不妥善处理,将产生二次污染,不但直接对周围的土壤及地下水产生严重污染,而且还有可能通过食物链直接或间接进入人体,危害人类健康。

目前对垃圾渗滤液的处理已有一些报道,采用的处理工艺大多都是物化法,生化法等。絮凝沉淀法是物化法中的一种,在废水处理中占有重要地位,它是指在絮凝剂的作用下,使废水中的胶体和细微悬浮物以及部分有机物凝聚为絮凝体,然后予以分离去除的水处理方法,它最终能实现污染物的无害化处理。其特点为反应速度快、适用范围广、脱色效果好、易控制,不易产生二次污染<sup>[1]</sup>。

絮凝法的主体是絮凝剂,目前使用的絮凝剂主要有无机和有机两类,其中有机絮凝剂价格昂贵,处理成本较高,因此较多采用无机絮凝剂。在众多无机絮凝剂中,铁盐和铝盐使用最多,但铁盐主要是在偏碱性条件下反应生成氢氧化铁具有较好的絮凝作用,因此不适用于酸性废水的处理。而铝盐因其便宜、资源丰富、在酸性条件下絮凝效果较好等优点被广泛应用于酸性废水的处理。由于垃圾渗滤液为酸性废液,因此,本实验选用硫酸铝作为絮凝剂处理垃

圾渗滤液,通过考察投加量、搅拌时间、pH 值和温度 4 个影响因素,研究其对垃圾渗滤液中 COD 去除效果的影响,寻求最佳反应条件,为垃圾渗滤液的进一步处理提供依据。

## 1 实验部分

### 1.1 垃圾渗滤液的来源及水质

本实验垃圾渗滤液取自校园生活垃圾自然堆积后产生的渗出液,其水质情况如表 1 所示。

表 1 垃圾渗滤液水质参数表

COD mg/L	氨氮 mg/L	色度 倍
19 800	351.875	2 048

### 1.2 试剂和仪器

试剂:硫酸铝(分析纯)、氢氧化钠(分析纯)、浓硫酸、重铬酸钾(基准纯)、硫酸银(分析纯)、硫酸亚铁铵(分析纯)、试亚铁灵(分析纯)。

仪器:754 型紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司)、gg-4B 型六联电动搅拌器、SHA-C 型水浴恒温摇床、HR-120 型电子分析天平、冷凝回流装置、250 mL 锥形瓶若干、250 mL 烧杯若干、酸式滴定管。

### 1.3 实验方法

COD 的测定:快速测定法<sup>[2]</sup>;氨氮的测定:纳氏



试剂比色法<sup>[3]</sup>;pH 值的测定:pHS-3C 型 pH 精密仪器测量。

去除率的计算:在不同条件下加入絮凝剂对垃圾渗滤液进行处理,再用快速法测定处理前后的 COD,计算 COD 去除率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 投加量对 COD 去除率的影响

取 100 mL 垃圾渗滤液 6 份分别置于 6 个烧杯中,调节 pH 值均为 6,分别加入 2、4、6、8、10、12 mL 的 0.2 g/mL 的硫酸铝絮凝剂,在室温下电动搅拌反应 10 min 后,静置 30 min,再取上清液测定其 COD 值,得出硫酸铝絮凝剂的用量与 COD 去除率的关系如图 1 所示。

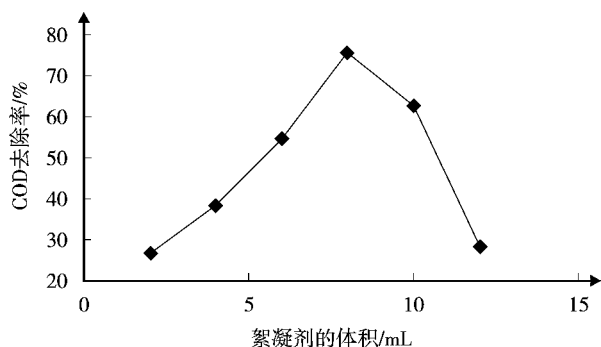


图 1 投加量对 COD 去除率的影响

由图 1 可以看出,当硫酸铝用量小于 8 mL 时,随着硫酸铝用量的增加,垃圾渗滤液的 COD 去除率逐渐增大;当硫酸铝用量为 8 mL 时,COD 的去除率达到最大值 75.8%;当硫酸铝用量超过 8 mL 时,COD 的去除率逐渐降低,且静置 30 min 后未见清晰的分层界面,絮凝体仍浮在水面上。因此,通过考察 COD 去除率,确定硫酸铝的适宜用量为 8 mL,即硫酸铝作为絮凝剂处理垃圾渗滤液的最佳投加量为 16 g/L。

### 2.2 搅拌时间对 COD 去除率的影响

取 100 mL 垃圾渗滤液 4 份分别置于 4 个烧杯中,调节 pH 值均为 6,分别加入 8 mL 的 0.2 g/mL 的硫酸铝絮凝剂,室温下分别电动搅拌 5 min、15 min、30 min、45 min 后,静置 30 min,再取上清液测定其 COD 值,得出搅拌时间与 COD 的去除率的关系如图 2 所示。

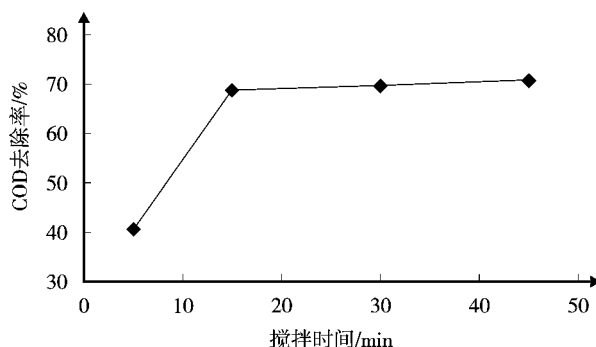


图 2 搅拌时间对 COD 去除率的影响

由图 2 可以看出,垃圾渗滤液的 COD 去除率随着搅拌时间延长而增加,且在搅拌时间为 15 min 时 COD 去除率达到最大值 68.7%,之后 COD 去除率基本不随搅拌时间延长而增大。因此,确定最佳搅拌时间为 15 min。

### 2.3 pH 值对 COD 去除率的影响

取 100 mL 垃圾渗滤液 3 份分别置于 3 个烧杯中,室温下将其 pH 值分别调节到 3、6、9,然后分别加入 8 mL 硫酸铝(0.2 g/mL)絮凝剂,电动搅拌 15 min 后,静置 30 min,再取上清液测定其 COD 值,得出 pH 值与 COD 的去除率的关系如图 3 所示。

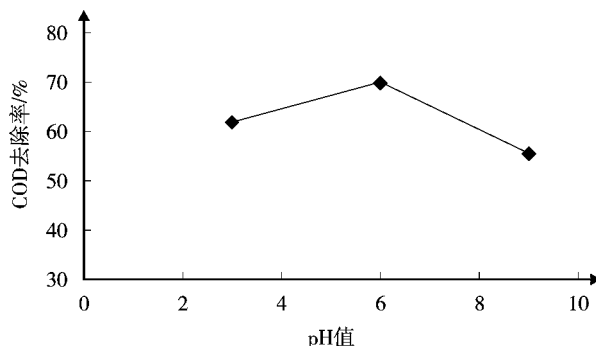


图 3 pH 对 COD 去除率的影响

由图 3 可以看出,垃圾渗滤液在絮凝过程中 pH 值对其 COD 去除率有较大的影响。当溶液 pH 值在 3.0~6.0 范围时,随着溶液 pH 值的升高,渗滤液的 COD 去除率呈上升趋势;当 pH 值=6.0 时,其 COD 去除率达到 69.7%;当 pH>6.0 时,渗滤液的 COD 去除率呈下降趋势。由于  $Al^{3+}$  水解产物随着溶液 pH 的不同而变化:当  $pH \leq 4.0$  时,主要以未水解的水合铝离子形式存在,随着 pH 值的提高,铝离子的水解产物依次为单羟基配合物、多单羟基配合物

或聚合物、氢氧化铝沉淀物,这些水解产物的混凝机理不相同<sup>[4-6]</sup>,因此,pH 值对最终处理效果影响较大,造成 COD 去除率曲线阶段性变化。操作中选择 pH 值在 6.0 左右比较合适。

#### 2.4 反应温度对 COD 去除率的影响

取 100 mL 垃圾渗滤液 4 份分别置于 4 个烧杯中,调节 pH 值均为 6,各加入 8 mL 的 0.2 g/mL 的硫酸铝絮凝剂,分别在温度为 20、30、40、50 ℃ 搅拌 15 min 后,静置 30 min,取上清液测定其 COD 值,得出反应温度与 COD 去除率的关系如图 4 所示。

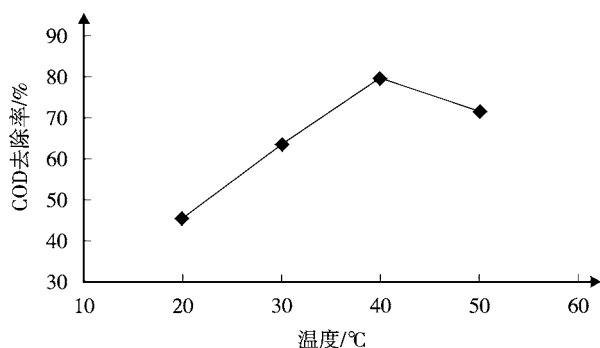


图 4 反应温度对 COD 去除率的影响

由图 4 可以看出,垃圾渗滤液在絮凝过程中反应温度对其 COD 去除率有较大的影响。当温度低于 40 ℃ 时,COD 的去除率随着温度的升高而明显增

大;当温度达到 40 ℃ 时,COD 的去除率达到最大值 79.8%;而当温度超过 40 ℃ 时,COD 的去除率随着温度的升高而逐渐下降。因此,通过考察 COD 去除率,确定最佳反应温度为 40 ℃。

### 3 小结

实验研究发现以硫酸铝作为絮凝剂对垃圾渗滤液进行预处理不但成本较低、操作简单、容易控制,而且对色度和 COD 的去除有很好的效果。其最佳反应条件为:pH 值为 6,温度为 40 ℃,搅拌时间为 15 min,投加量为 16 g/L,此时色度明显减弱,COD 的去除率可达 79.8%。

### 4 参考文献

- [1] 范瑾初. 混凝技术[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992: 58-61.
- [2] 章非娟,徐竟成. 环境工程实验[M]. 北京:高等教育出版社,2006:191-192.
- [3] 国家环境保护局. 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,2002:344-349.
- [4] 奚旦立,孙裕生,刘秀英. 环境监测[M]. 北京:高等教育出版社,2004:553-556.
- [5] 姚重化. 混凝剂与絮凝剂[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991:123-125.
- [6] 严煦世,范瑾初. 给水工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1995:50-51.

## Treatment of Landfill Leachate with Aluminum Sulfate

Zhang Tao Ren Zhao Liu Zhifeng

**Abstract** The effects of aluminum sulfate as flocculants on the COD removal from landfill leachate have been tested under different conditions, i.e., coagulant dosage, stirring time, pH and temperature. The results show that the removal of COD from landfill leachate was up to 79.8% under the best condition, i.e., the coagulant concentration of 16 g/L, pH of 6, the temperature of 40 ℃, and the stirring time of 15 min. Under the condition, the chrome of landfill leachate was decreased evidently.

**Key words** landfill leachate coagulant influence factors COD removal efficiency

(上接第 3 页)

## Improvement of Guangzhou Water Environment Emergency Monitoring by the Integration of Multiple New Techniques

He Kunzhi Zhong Huaen Su Xie

**Abstract** The multifunctional water quality monitoring ship is the first professional monitoring ship in Pearl River basin, with the functions of water environmental monitoring, emergency command on water environment pollution, treatment with pollution incidents, and research activities.

**Key words** multifunction water environment monitoring emergency command treatment with pollution accidents

## 双膜法在印染废水处理中的应用

林文周 赵娟娟

(株洲市规划设计院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要** 采用双膜法处理印染废水具有出水水质好、运行稳定、管理简单、占地少等特点。本文介绍了双膜法在江苏某印染集团中的应用,该工艺对于印染废水治理有广阔的应用前景。

**关键词** 超滤(MBR) 反渗透(RO) 印染废水

纺织印染行业是我国工业的重要组成部分,排废水量大,约占工业废水排放量的 35%<sup>[1]</sup>。印染废水水量大、有机污染物含量高、碱度和 pH 值变化大、水质变化大;可生化性能差,废水 BOD<sub>5</sub>/COD 值一般在 20%左右;色度高,有时可达 4 000 倍以上;印染行业中,PVA 浆料和新型助剂的使用,使难生化降解的有机物在废水中的含量大大增加<sup>[2]</sup>。

### 1 膜工艺介绍

膜法的废水再利用主要包括“超滤膜+反渗透膜”的工艺流程,超滤(MBR)是以压力为驱动膜分离过程,它能够将颗粒物质从流体及溶解组份中分离出来。超滤膜的典型孔径在 0.01~0.1 μm 之间,对于细菌和大多数病菌、胶体、淤泥等具有极高的去除率。反渗透(RO)预处理是将污染的问题转移到微滤(MF)或 MBR 上,由 MF 或 MBR 来解决,采用 MF 或 MBR 作为预处理后,只是减轻了污染,RO 部分仍须考虑很多因素,例如膜元件的选择、排列和运行的经济性。

由于各膜组件精度的不同,为使设备能长期、稳定运行,对源水水质的要求也较为严格。微滤设备其过滤精度在 1 μm 左右,主要截留对象为 ≥1 μm 悬浮物;超滤截留分子量在 10 000~50 000 道尔顿之间,最大过滤精度为 0.1~0.2 μm;纳滤膜组件截留分子量在 200~2 000 道尔顿时之间;反渗透截留分子量约 50 道尔顿左右。

### 2 膜工艺在印染废水处理中的应用

双膜法在印染废水中的应用在国内已经开始受到重视。针对印染废水属于典型的工业有机废水这

一特性和可生化性较差并含有难以降解的水溶性有机污染物、SS、胶体状物质等特点,采用了“双膜法”处理工艺,不仅可以回收水资源,实现废水循环回用,而且还可以进一步削减排污总量。

江苏某印染集团建成的印染废水中水回用工程由 2 个系统组成:一是新建了 20 000 m<sup>3</sup>/d 的物化、生化处理系统,使印染废水 COD 浓度降到 100~200 mg/L;二是配套建成了 8 000 m<sup>3</sup>/d 废水深度处理的膜处理系统,利用“双膜法”技术再对印染废水进行深度处理之后,全部回用于生产中,本工程采用的膜性能参数详见表 1。该工程处理污水量 20 000 m<sup>3</sup>/d,其中回用 8 000 m<sup>3</sup>/d,占地面积 20 000 m<sup>2</sup>,建筑面积 3 000 m<sup>2</sup>。

表 1 膜性能参数

类 型	性 能	参 数
浸没式超滤设备	过水通量	15~20 L/m <sup>2</sup> ·hr
	过滤精度	0.1~0.2 μm
	空气流量	透水量的 5~25 倍 /hr
	反洗压力	0.15 MPa
	操作负压力	< 0.05 MPa
	使用温度范围	5~45 ℃
	使用 pH 值范围	2~10
RO 回收水设备	过水通量	18~25 L/m <sup>2</sup> ·hr
	操作压力	0.55 MPa
	pH 值范围	2~10
	设备脱盐率	80~95%
	最高 SDI 值	< 5 (15 min)
	自由氯浓度	< 0.1 mg/L
	使用温度	5~45 ℃
	进水最高浊度	1.0 NTU

实际经过二级生化处理后的废水如果直接进行反渗透,由于水中含有一定量的有机物和杂质,极易使膜污染,从而堵塞膜孔。因此,废水先经

过超滤预处理再经过保安过滤可有效减小膜污染的发生。处理前后的水质状况详见表 2 和表 3。  
本工程采用的工艺流程,见图 1。

表 2 印染废水生化处理的进出水水质 mg/L(pH 值除外)

	COD <sub>cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	TSS	NH <sub>3</sub> -N	pH 值
进水水质	1 200	350	1 000	120	9~12
出水水质	≤100	≤25	≤30	≤25	6~9

表 3 膜处理系统的进出水水质

	COD <sub>cr</sub> mg/L	BOD <sub>5</sub> mg/L	TSS mg/L	电导率 μs/cm	pH 值
进水水质	100~200	≤25	≤30	1 000	6~9
出水水质	≤30	≤10	≤10	≤5	7~7.5

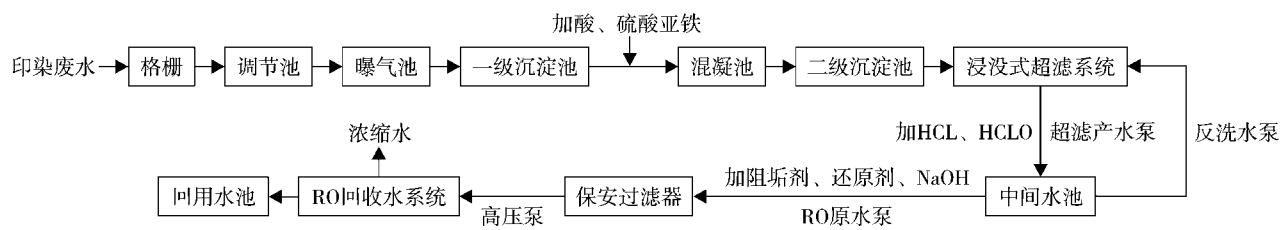


图 1 印染废水治理工艺流程

图 2 为 MBR 膜产水通量与操作压力之间的关系图,可以看出,MBR 膜的产水通量随着膜负压的升高呈较为平缓的下降。随着压力增加,膜污染加剧,通量不再随压力增加而线性增加,而是逐渐趋向平缓。这可能是由于压力越大,污染层被压密,导致膜污染阻力增加而引起的。

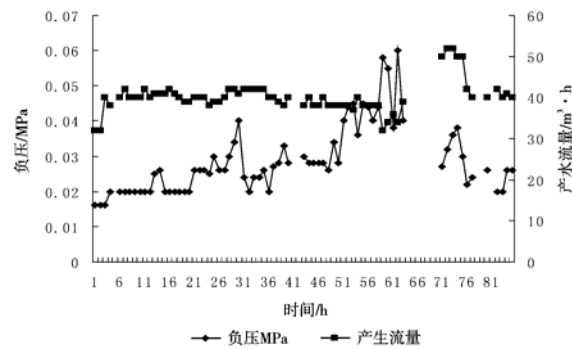


图 2 MBR 产水流量及负压随时间的变化

MBR 是采用鼓风曝气作为膜丝气洗设备,其鼓风曝气使膜丝产生剧烈的抖动,进而大大减缓了膜面污染;由于透水孔径一定而使得产水质较稳定;设备能接受较高负荷的悬浮物浓度,最大为 10 000 mg/L,这样在保证产水水质的同时可适当节省沉淀空间或省掉沉淀池。

与传统的生物处理方法和超滤技术相比,MBR 具有生化效率高、抗负荷冲击能力强、出水水质稳

定、占地面积小、排泥周期长、易实现自动控制等优点,是目前最有前途的废水处理新技术之一。

由图 3 可以看出,RO 膜的产水率随着运行时间的增加呈较为平缓的下降。

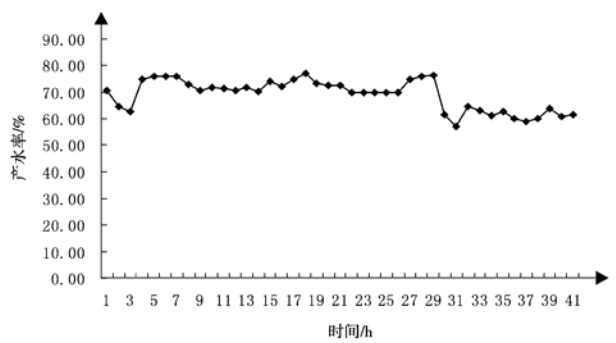


图 3 RO 产水率随时间的变化

膜回收系统设备随温度的变化其性能也会有较大变化,进水水温会造成膜组件扩散速率的变化,首先是产水量随温度降低而减少;其次是产水水质随温度降低而提高;再次是运行压力随温度降低而提高。根据膜性能设计参数则推荐使用 25 ℃ 的运行温度为最佳温度。

图 4 为 RO 脱盐率随时间之间的关系图,可以看出,RO 膜的脱盐率很高,基本在 99.96% 以上。

原水中溶解性杂质透过膜的百分率,计算公式为:

$$SP=100\% \times (C_p/C_{fm}) \quad (1)$$

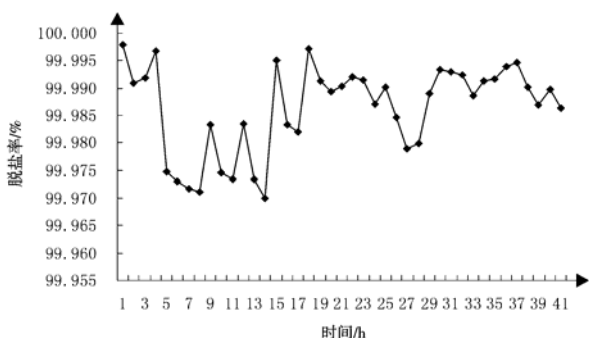


图4 RO 脱盐率随时间的变化

式中:SP——透盐率, %;

$C_p$ ——透过液盐浓度;

$C_{fm}$ ——料液的平均盐浓度。

水通量和透盐率的基本关系式是反渗透的基本原理。可以看出,透盐率随操作压力增加而降低,其原因是水通量随压力增加,但盐的透过速率在压力变化情况下保持不变。

由图5可以看出,RO膜的运行压力比较稳定,膜前后压差较低只有0.3 MPa左右。

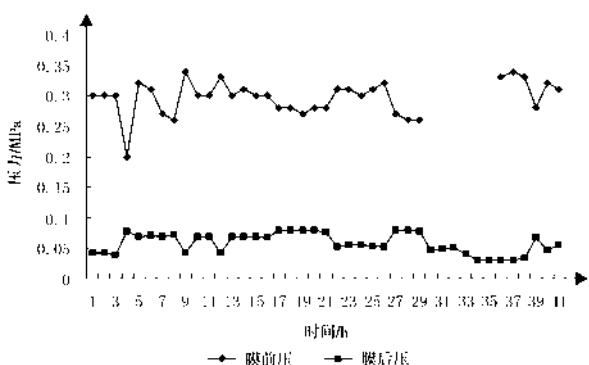


图5 RO 膜前后压力随时间的变化

反渗透膜分离技术通过对废水中污染物的分离、浓缩、回收,而达到废水处理的目的。其具有不产生二次污染、能耗低、可循环使用等特点。

系统在使用一段时间后,膜元件的表面会形成一些硅垢、钙垢、镁垢、金属氧化物、有机物等杂质组成的垢层,一般表现在系统的运行参数变化,如:产水量下降、运行压力升高、产水水质变差、膜段之间的压力差增大(以上数据均为标准化以后的数据),一般当以上参数增加或降低10~15%时需进行化学清洗,通过化学药液的浸泡、反应、冲刷等物理、化学作用,来达到松动垢层后将其冲刷至膜体外,从而恢复膜元件的运行性能。

废水采用反渗透膜设备处理后,含盐量、电导率大大降低,达到或超过印染工业用水标准,可满足中高档产品的生产需要。实际生产时,可将反渗透处理后的回用水与一般生产用水以一定比例混合使用,以改善正常生产用水的水质,并降低用水成本。

该印染废水处理系统总投资费用3 630万元,年运行费用1 055.4万元(其中生化部分551.2万元,膜处理系统为504.2万元);生化系统每t水处理成本为0.76元,膜系统每t水处理成本为1.457元(其中:t水耗电量为1.345 kWh,按每kWh 0.6元计 $1.345 \times 0.6 = 0.807$ 元;加药成本预计0.15元/t;膜耗材按0.50元/t)。年节省费用1 284.8万(其中自来水费730万元,排污费554.8万元),获得效益229.4万元。同时,每年削减COD 280 t,削减氨氮和总磷排放量分别为28 t和2.816 t。

膜处理技术也存在一些问题需要改进,如膜在使用过程中会发生堵塞,膜材质的抗酸碱、耐腐蚀性及膜污染、膜清洗等问题也有待进一步提高,RO浓水怎样经济有效地处理有待研究。

### 3 结论

采用膜法回收水具有以下优点:

- 1) 膜法循环回用设备可实现水资源的循环回用和减量排放;
- 2) 作为一种清洁生产工艺,膜分离技术在运行过程中将不同的物质进行分离或截留,膜分离过程为纯物理过程,无相变、无化学反应过程,在无二次污染物产生的情况下便可实现水资源的回收和清洁生产;
- 3) 膜设备装置占地极小,自动化程度高,运行维护方便;
- 4) 膜的高效分离(截留率99%以上),保证了水资源的高效回收;

膜法循环回用设备符合循环经济运作模式,企业在节能降耗的同时更能实现经济、环境、社会效益三者的和谐统一,给企业可持续发展提供有力保障。

### 4 参考文献

- [1] 姚曙光,杨玉杰,李贵森,等. 印染废水深度处理及回用技术的研究现状[J]. 河南化工,2007,24(1):14-18.
- [2] 吴济华,文筑秀. 纺织印染废水处理工艺[J]. 西南给排水,2006,2,28(1):21-24.



## Application of Double-membrane In Dyeing Wastewater Treatment

Lin Wenzhou Zhao Juanjuan

**Abstract** The application of double-membrane system for the treatment of dyeing wastewater has the advantages of good water quality, stable operation, easy management, and a small occupied area. An example of double-membrane system applied to the Jiangsu Printing-and-dyeing Group was introduced.

**Key words** MBR RO dyeing wastewater

## 举报环境污染 共建美好家园 ——市长致全体市民的公开信

广州市委副书记、市长

各位市民朋友：

今天，广州市环保部门按照“全民参与、方便快捷、高效查处、及时反馈”的要求，将公众举报机动车冒黑烟、向江河湖泊排污等环境违法行为的举报电话整合到全国环境污染投诉统一电话“12369”上来，实现了市与各区、县级市的联动。这是我市落实中央政治局委员、省委书记汪洋同志“迎接亚运会，创造新生活”的号召，发动广大市民关心环境问题、监督违法行为、共建美好家园的重要举措，也是市委、市政府听取民意、集中民智，加强环境建设，着力改善民生的具体体现。

近年来，我市认真贯彻落实科学发展观，按照“科学发展、环境优先、关切民生、解决民忧”的工作思路，坚持“一手抓经济建设，一手抓环境建设”，把环境保护摆在更加突出的战略位置，通过开展创建国家环保模范城市、国家卫生城市、国家森林城市、国家园林城市和全国文明城市等活动，促进城乡环境面貌明显改善。特别是为办好“绿色亚运”，围绕实现“天更蓝、水更清、路更畅、房更靓、城更美”的目标要求，建立健全了强有力的环境综合整治领导架构和工作机制，完善了空气和水环境综合整治的政策法规体系，强化了环境保护资金投入，开展了有史以来最大规模的综合治理空气环境和水环境行动。

通过前期的艰苦努力，我市在经济社会和城市化快速发展的情况下，治污减排工作取得明显成效，空气和水环境质量持续改善。“十一五”期间，我市二氧化硫和化学需氧量分别削减 43% 和 20%，空气质量连续 5 年优于国家二级标准。今年 5 月份以来，饮用水源水质 100% 达标，珠江广州河段和经过整治的河涌水质已明显改善。这是全体市民同心同德、

齐心协力、共同治污的结果。

但我们也清醒地看到，我市的环境状况与广大市民对环境质量迅速提高的期望，与国外先进城市的环境状况相比还有较大差距。市民反映比较强烈的机动车冒黑烟、饮食业油烟污染、建筑施工噪声、扬尘以及天气灰霾现象还未得到彻底的根治。河涌水质虽有明显改善，但完全恢复生态环境尚要假以时日，常抓不懈。为此，市委、市政府将以群众满意为标准，继续深入推进空气和水环境综合整治，加大违法排污打击力度，加强环境基础设施建设，在决策、管理、监督、执法等各个环节落实好环境保护的要求，努力实现“天更蓝”、“水更清”目标。

广州是我家，环保靠大家。对污染和破坏环境的单位和个人进行检举和控告，是法律赋予每个公民的权利与义务。在我市“12369”环保投诉举报中心启动之际，我呼吁各位市民积极行动起来，投诉举报机动车冒黑烟、饮食业油烟污染、向江河湖泊直接排放污水等各种环境污染行为，以实际行动支持和参与环境保护工作，打好整治环境污染的人民战争。各级政府和有关职能部门，必须将市民改善环境质量的良好愿望作为进一步做好环境保护工作的目标追求和强大动力，认真受理人民群众的投诉举报，努力解决市民群众反映的环境问题。各类企业、机动车主和各类经营者，必须自觉遵守环境保护的法律法规，切实履行环境保护的社会责任，主动接受广大市民的环保监督，杜绝违法行为。衷心希望广大市民群众以主人翁的态度，从力所能及的身边事情做起，自觉养成良好的生活习惯，把建设环境友好型社会落实到每个单位、每个家庭，共建广州美好家园，共享发展成果，以崭新的形象迎接亚运盛会！

2010 年 8 月 10 日

# 外来入侵种薇甘菊在广州的分布与危害

廖庆强 姚素莹 梁秩桑  
(广州市环境保护科学研究院, 广州 510620)

**摘 要** 本文采用实地调查与植物样方调查相结合的方法,对外来入侵种薇甘菊在广州的分布与危害作了调查与分析。调查结果表明:薇甘菊在广州一般多分布于海拔 1~100 m 的农田边缘、低丘台地及河堤边岸,在海拔 250 m 以上的丘陵及山地一般不见分布;从地域上来看薇甘菊主要分布在广州市的南沙区、番禺区、海珠区、白云区、萝岗区及增城市南部;本文通过分析进行了薇甘菊防治措施探讨。

**关键词** 薇甘菊 外来入侵种 分布 危害 防治

薇甘菊(*Mikania micrantha* H.B.K.)被列为世界上最有害的 100 种外来入侵物种之一,自 1984 年在深圳发现,近 20 a 迅速蔓延于广东沿海与珠江三角洲地区<sup>[1]</sup>,近 10 a 广州也深受其害。为此我们对薇甘菊在广州的分布与危害作了调查与分析,并提出防治措施。

## 1 调查方法

采用实地调查与植物样方调查相结合的方法,于 2007~2010 年间在广州市的花都、番禺、南沙、白云、海珠、萝岗、越秀、荔湾、黄埔、天河等 10 区和从化、增城 2 市调查薇甘菊分布及生长状况,记录相对数量与传播途径,重点对荔枝、龙眼园地作样方调查。

## 2 研究结果

### 2.1 薇甘菊的传播途径与危害

薇甘菊是菊科匍匐攀缘性强的多年生草质藤本植物,叶片三角心形,对生,叶长 4~13 cm,藤长 1~10 m 不等,盛开白花,秋季后结子棕红色,经采样计数,每平方米有头状花序 5 万朵,约有种子 20 万粒,每粒种子带有细小冠状纤毛,为风力传播而遍布田野与低丘台地。另外其茎节和节间都能生根,每个节的叶腋都可长出一对新枝,形成新植株。薇甘菊所到之处即覆盖灌丛与乔木,形成一个陆罩,吸收被缠植物的水份与养料,阻隔阳光使被缠植物不能正常光合作用,最终被缠植物枯萎死亡。薇甘菊还可释放一些化

学物质抑制近邻植物的生长<sup>[2]</sup>,因而有:“绿色杀手”之称,于 2003 年列入《中国第一批外来入侵物种名单》(环发[2003]11 号)。

薇甘菊原产中美洲、南美洲。1949 年印度尼西亚从巴拉圭引入薇甘菊,并于 1956 年用作垃圾填埋场的表土覆盖植物,不久蔓延至东南亚、太平洋地区及南亚各国。上世纪 80 年代传入中国海南岛、香港地区及珠江口的内伶仃岛,及后在珠江三角洲地区广泛扩散<sup>[3]</sup>。2000 年前后广州境内大量发现。薇甘菊常见于被破坏的林地边缘、荒弃农田、疏于管理的果园、水库和沟渠或河道两侧,以及城镇园林绿地。薇甘菊主要危害果树植物及林木,其覆盖之处所缠绕的果树林木不久便枯死。2005~2008 年期间,增城市个别荔枝园由于疏于管理被薇甘菊覆盖 67%以上,所缠荔枝长势差。南沙鹿颈低山脚南向部分阳坡 100%为薇甘菊覆盖,原来的乔木及灌丛植物尽被其绞杀。薇甘菊缠绕和覆盖其它植物的生态习性,已严重影响生态林、经济林、城市园林和农作物的生长和更新,破坏生物多样性,使植物群落逆行演替,造成森林、果林退化为灌草丛或草丛,造成生态灾害,威胁生态安全。

### 2.2 薇甘菊群落特点

本文对广州市 10 区 2 市薇甘菊分布的重点区域进行样方调查,分别列出 5 个位于重点危害片的植物群落样方调查结果,样方地点分别为:增城市朱村横望荔枝基地、海珠区小洲龙眼园、南沙区万顷沙

三民岛、白云区江村水沥村和萝岗区科学城暹岗,样方调查数据见表 1。

表 1 薇甘菊群落样方调查结果

样方	位置	时间	经纬度	样方 面积	植物 类型	植物 名称	拉丁学名	盖度 m <sup>2</sup>	数量 棵	胸径 cm	高度 m	密度 m <sup>2</sup> /棵	受缠 绕数 棵
1	增城市 朱村横 塍荔枝 基地	2008 年 12 月	N23°16'5" E113°43'20"	10×10= 100 m <sup>2</sup>	荔枝		<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	81	9	15	3	9	7
					乔木 构树		<i>Broussonetia papyrifera</i> (Linn.) Vent	6	2	8	2	3	1
					苦楝		<i>Melia azedarach</i> Linn.	10	3	11	3	3	1
					藤本 薇甘菊		<i>Mikania micrantha</i> H.B.K	62	78		3	0.8	—
					三叶鬼针草		<i>Bidens pilosa</i> Linn.	4	18		0.8	0.2	6
					草本 火炭母		<i>Polygonum chinense</i> Linn.	5	12		0.3	0.4	8
					鸭嘴草		<i>Ischaemum ciliare</i> Retz.	3	28		0.5	0.1	19
					龙眼		<i>Dimocarpus longgana</i> Lour.	47	6	18	3	8	4
					乔木 荔枝		<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	5	1	22	4	5	0
					番石榴		<i>Psidium guajava</i> Linn.	10	3	6	2	3	1
2	海珠区 小洲村 龙眼园	2007 年 6 月	N23°3'12" E113°21'18"	10×10= 100 m <sup>2</sup>	藤本 五爪金龙		<i>Mimosa sepriaria</i> Benth.	8	8		1.5	1	2
					灌木 山黄麻		<i>Trema tomentosa</i> (Roxb.) Hara	4	2		2	2	1
					苎麻		<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaud.	3	2		2	1.5	1
					藤本 薇甘菊		<i>Mikania micrantha</i> H.B.K	32	64		4	0.5	—
					三叶鬼针草		<i>Bidens pilosa</i> Linn.	5	50		0.3	0.1	20
					草本 芒		<i>Miscanthus si nensis</i> Anderss.	1	5		1.2	0.2	0
					鼠尾粟		<i>Sporobolus fertili</i> (Steud.) W.D.Clayt	2	20		1.0	0.1	3
					芒果		<i>Mangifera indica</i> Linn	18	6	11	2	3	3
					乔木 池杉		<i>Taxodiumascendens</i> . Brongn	10	3	19	5	3	1
					木麻黄		<i>Casuarina equisetifolia</i> Linn.	3	1	29	5	3	1
3	南沙区 万顷沙 三民岛 保丰村	2009 年 10 月	N22°39'34" E113°31'54"	10×10= 100 m <sup>2</sup>	木菠萝		<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam	4	1	15	4	4	0
					桐花树		<i>Aegiceras corniculatum</i> (Linn.) Blanco	10	10		1.5	1	0
					灌木 秋茄		<i>Kandelia candel</i> (Linn.) Druce	8	8		1.2	1	0
					藤本 月光花		<i>Mimosa sepriaria</i> Benth.	4	3		1.3	1.5	2
					藤本 薇甘菊		<i>Mikania micrantha</i> H.B.K	25	42		4	0.6	—
					象草		<i>Calonyction aculeatum</i> (Linn.) House <i>Pennisetum alopecuroides</i> (Linn.) Spreng	6	9		3.8	0.7	0
					香蕉			7	35		1.3	0.2	0
					草本 狗牙花		<i>Musa acuminata</i> x Dwarf Cavendish <i>Tabernaemontana divaricata</i> (L.) R.Br.cv.Flore Pleno	12	6		3	2	4
					五节芒			8	80		0.6	0.1	0
							<i>Miscanthus floridulu</i> (Labnll.) Warb	2	20		0.7	0.1	0

续表 1

样方	位置	时间	经纬度	样方 面积	植物 类型	植物 名称	拉丁学名	盖度 m <sup>2</sup>	数量 棵	胸径 cm	高度 m	密度 m <sup>2</sup> /棵	受缠 绕数 棵
4	白云区江村水沥村	2009 年 5 月	N23°18'45" E113°14'28"	10×10=100 m <sup>2</sup>		荔枝	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	26	3	21	4	8.7	3
					乔木	龙眼	<i>Dimocarpus longgana</i> Lour.	35	5	19	3	7	3
						构树	<i>Broussonetia papyrifera</i> (Linn.) Vent	9	2	16	3	4.5	0
						簕仔树	<i>Mimosa sepiaria</i> Benth.	14	7		2	2	4
					灌木	野牡丹	<i>Melastoma candidum</i> D.Don	6	6		1.3	1	3
						桃金娘	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Ait.) Hassk.	3	5		0.7	0.6	2
						薇甘菊	<i>Mikania micrantha</i> H.B.K	24	48		4	0.5	—
					藤木	五爪金龙	<i>Ipomoea cairica</i> (Linn.) Sweet	6	12		4	0.5	2
						玉叶金花	<i>Mussaenda pubescens</i> Ait.f.	2	4		2	0.5	2
						山扁豆	<i>Cassia mimosoides</i> Linn.	5	3		0.6	1.7	2
					草本	芒	<i>Miscanthus si nensis</i> Anderss.	7	14		1.5	0.5	4
						鸭嘴草	<i>Ischaemum ciliare</i> Retz.	3	29		0.5	0.1	0
						火焰木	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	39	4	11	4	7	1
					乔木	芒果	<i>Mangifera indica</i> Linn	10	2	12	3	5	1
						龙牙花	<i>Erythrina corallodendron</i> Linn.	20	4	10	4	7	2
					灌木	红果子	<i>Eugenia uniflora</i> Linn.	6	6		1	1	1
5	萝岗区科学城暹岗	2009 年 6 月	N23°11'20" E113°26'32"	10×10=100 m <sup>2</sup>		美丽胡枝子	<i>Lespedeza formosa</i> (Vog.) Koehne	8	16		1	0.5	2
						薇甘菊	<i>Mikania micrantha</i> H.B.K	26	52		4	0.5	—
					藤木	鸡屎藤	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	2	3		3	0.7	2
						蟛蜞菊	<i>Wedelia chinensis</i> (Osb.) Merr.	7	18		0.2	0.4	2
						一点红	<i>Emilia sonchifolia</i> (Linn.) DC.	4	12		0.8	0.3	1
					草本	黄鹌菜	<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	2	21		0.2	0.1	0
						东风菜	<i>Doellingeria scaber</i> (Thunb.) Nees	1	3		0.3	0.2	0

2.2.1 增城市朱村横望荔枝基地

增城市朱村横望荔枝基地是广汕路朱村段以南的生态示范果园,面积 66.7 万 m<sup>2</sup>,有荔枝 30 万棵,2005 年始薇甘菊入侵,因疏于管理,从 2006 年薇甘菊覆盖约 20%发展到 2008 年覆盖 60%以上,被缠荔枝树大多不能正常结果。调查样方内有荔枝树 9 棵,其中 6 棵被薇甘菊缠绕,占比达 66.7%。

2.2.2 海珠区小洲龙眼园

小洲龙眼园是广州市沥滘万亩果园区的组成部分,连同瀛洲生态公园一起形成龙眼果园区,薇甘菊的入侵,致被缠龙眼树干枯死亡。该处调查样方 6 棵龙眼树有 4 棵被缠绕,占比 66.7%。

2.2.3 南沙区万顷沙三民岛保丰村

南沙区万顷沙三民岛果园位于珠江洪奇沥水道右岸,调查样方中薇甘菊主要缠绕芒果与香蕉林,约占果林的 60%。

2.2.4 白云区江村水沥村

调查果园样方中薇甘菊主要缠绕荔枝与龙眼果树,荔枝、龙眼树 8 棵,其中 6 棵被薇甘菊缠绕,占比达 75%。

2.2.5 萝岗区科学城暹岗

调查样方为科学城的绿化区域,薇甘菊主要缠绕绿化乔木和灌木,绿化乔木火焰木、芒果、龙牙花树 10 棵,其中 4 棵被薇甘菊缠绕,占比 40%。

2.3 薇甘菊在广州市的分布规律

2.3.1 薇甘菊在广州市的地理分布规律

本次调查结果表明,广州市 10 区 2 市均有薇甘菊分布, 城建区与高丘陵及低山地帶较少, 郊野低丘、台地和农田、果林分布较多,其中以南沙区、番禺区、海珠区、白云区、萝岗区及增城市南部区域为重, 各区分布调查结果见表 2 和图 1。

表 2 薇甘菊在广州市各区的分布

区域	城镇区	高丘陵	低丘陵	平原台地	河滩地
		山地			
		250~800 m	100~250 m	10~100 m	1~10 m
越秀区	○	○	○	+	+
荔湾区	○	○	○	+	+
天河区	○	+	+	+++	++
黄埔区	○	○	○	+++	++
海珠区	○	○	+	++++	++
白云区	+	+	++	++++	++
萝岗区	+	+	++	++++	++
番禺区	○	○	+	++++	++
南沙区	+	+	+	++++	++
花都区	○	○	+	+++	+
增城市	○	○	+	++++	+++
从化市	○	○	+	+++	+
全市	○→+	○→+	○→++	++→++++	++→++++

注: ○无, + 少许, ++ 一般, +++ 多, ++++ 很多。

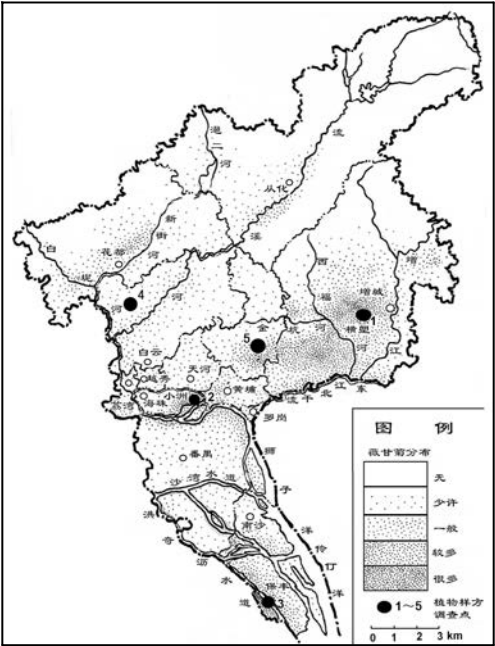


图 1 广州市薇甘菊分布示意

调查表明薇甘菊在广州市的地理分布有如下规律:从化市在流溪河边堤略有分布;增城市于增江荔城以南至石滩、新塘的田野比比皆是;白云区以菜地近旁居多,花都区在南部农业区及台地区出现较多,而北部高丘陵地区极少;天河区在高丘陵与城建区之间的田野较多分布;海珠区以南部稍多,萝岗区除城建区外平原部分较多,科学城绿化区内略有分布;番禺区田野上到处可见;越秀、荔湾、黄埔区因城建区占地大而薇甘菊较少见。

2.3.2 薇甘菊在广州市的生态分布规律

1) 城镇建筑区仅于公园及绿地边缘有少许分布。植物生长靠土壤,而城镇建筑区多为建筑、广场和道路等硬地面, 仅于公园及绿地边缘才有薇甘菊分布,数量不大,如天河区奥林匹克体育中心外围绿化地边缘有分布,总体数量少。

2) 普遍生长于海拔 1~100 m 的农田边缘与低丘台地以及河堤边岸。农田边缘与河堤边岸是薇甘菊普遍蔓延的地方,如天河区吉山村农用地边缘、增城市荔湖调蓄区河堤、新塘镇陈家林大道北段东片农田边缘、白云区石井河上游、石马村、清湖村等均有较多的薇甘菊分布。部分低丘台地的林木也受薇甘菊的入侵,如南沙鹿颈低山脚部分南向阳坡薇甘菊蔓延。

3) 海拔 250 m 以上的丘陵和山地地区分布极少。广州市白云区帽峰山、增城北部的派潭山区牛牯岭-凤凰山,从化东北部的九连山南脉桂峰山-三角山-天堂顶-大尖山及青云山南脉七星顶-五嫂坛-通天蜡烛-棋盘山-乐格山,并连至花都的牙英山-恩肚石等海拔 250 m 以上的丘陵、山地区极少发现薇甘菊的分布。

2.4 薇甘菊防治措施探讨

薇甘菊因其生长快、繁殖力和再生能力强、种子随风传播等生物学特性,根治难度大。经多年探索和实践,其防治方法主要有 人工清除、化学防除、生物防治和生态防除等四大类方法<sup>[4]</sup>。但每种防治方法各有优缺点。对危害经济作物的薇甘菊较好办法是人工拔除,凡有经济价值的果园、菜地、园地,若出现薇甘菊,可人工拔除。如珠海市是薇甘菊肆虐之地,但植物繁多的珠海市高尔夫球场采用人工拔除薇甘菊的办法保护球场的乔木、灌木和草坪植物。但人工清除成本大,薇甘菊可行营养繁殖,枝节落地遇水能生

根发芽,人工清理遗落一段薇甘菊往往能长出数个新苗,而且薇甘菊种子会随风飘动到下一年生长更广,影响防治效果<sup>[3]</sup>。化学防除是用除草剂杀灭薇甘菊,有研究<sup>[5]</sup>提出用 25% 森泰水剂注射薇甘菊主根,每株 0.1~3 mL 的用量,可在 5~6 个月内彻底杀灭薇甘菊;用森草净水溶性粉剂配制溶液,喷洒薇甘菊的茎叶,用药量在 1~1 000 g/hm<sup>2</sup> 时,可在 2~3 个月内彻底杀灭薇甘菊。试验<sup>[6]</sup>表明苯氧羧酸类除草剂如 2,4-D 丁酯、2,4-D 钠盐等对薇甘菊有极好的灭除效果,而且作用快速,用药后 7 d 枝条死亡率均在 90% 以上,14 d 后枝条死亡率可达 100%,药液喷到植株中上部比基部的杀灭效果好。但大量使用除草剂存在环境污染问题,还可能毒杀其他植物、果树、农作物及微生物等,破坏生态平衡。生物防治方面则提出<sup>[7-10]</sup>可采用寄生植物如田野菟丝子(*Cuscuta campestris* Yuncker)等与之相缠吸收寄主薇甘菊的营养、水分和影响其光合作用并致死薇甘菊从而抑制其蔓延。但存在寄生其他植物的可能,造成另一种植物灾害的问题。生态防治<sup>[11-12]</sup>是根据薇甘菊的种子和幼苗生长对光有很强依赖性的习性,采用植物群落改造的办法,调整群落结构,在清除薇甘菊后的空地上尽快种植速生阔叶树种,抑制、减少或避免薇甘菊的重新生长,达到防治薇甘菊的目的。

单一的防治办法难以有效防治薇甘菊,目前主要根据不同发生区的情况以及各类防治方法的技术特点和优势实施最佳措施或综合措施,以达到遏制其扩散蔓延。如采用人工清除与化学防除相结合,或化学防治与林分改造相结合,或化学防除与菟丝子控制相结合等的综合防治措施。真正行之有效防治薇甘菊蔓延的方法有待进一步的研究、探索和实践。

### 3 结论

外来入侵植物薇甘菊已在广州地区蔓延,主要出现在广州市的南沙区、番禺区、海珠区、白云区、萝

岗区及增城市南部,多分布于海拔 1~100 m 的农田边缘、低丘台地及河堤边岸,在海拔 250 m 以上的高丘陵及低山地一般不见分布。薇甘菊主要为害果树植物及低丘台地的林木。薇甘菊防治方法目前有人工清除、化学防除、生物防治和生态防除法,采用多种方法相结合的综合措施可防治薇甘菊的蔓延。

### 4 参考文献

- [1] 国家环境保护总局. 中国第一批外来入侵物种名单. 环发[2003]11 号.
- [2] 邵华,彭少麟,张弛,等. 薇甘菊的化感作用研究[J]. 生态学杂志,2003,22(5):62-65.
- [3] 咎启杰,王伯荪,王勇军,等. 外来杂草薇甘菊的分布及危害[J]. 生态学杂志,2000,19(6):58-61.
- [4] 张玲玲,韩诗畴,李丽英,等. 入侵害草薇甘菊的防除研究进展[J]. 热带亚热带植物学报,2006,14(2):162-168.
- [5] 咎启杰,王勇军,梁启英,等. 几种除草剂对薇甘菊的杀灭试验[J]. 生态科学,2001,20(1,2):32-36.
- [6] 黄华枝,赵京斌,黄炳球,等. 3 种苯氧羧酸类除草剂防除薇甘菊药效研究[J]. 华南农业大学学报(自然科学版),2004,25(1):52-55.
- [7] 王伯荪,李鸣光,余萍,等. 菟丝子属植物的生物学特性及其对薇甘菊的防除[J]. 中山大学学报(自然科学版),2002,41(6):49-53.
- [8] 韩诗畴,李开煌,罗莉芬,等. 菟丝子致死薇甘菊[J]. 昆虫天敌,2002,24(1):7-14.
- [9] 廖文波,凡强,王伯荪,等. 侵染薇甘菊的菟丝子属植物及其分类学鉴定[J]. 中山大学学报(自然科学版),2002,41(6):54-56.
- [10] 咎启杰,王伯荪,王勇军,等. 田野菟丝子控制薇甘菊的生态评价[J]. 中山大学学报(自然科学版),2002,41(6):60-63.
- [11] 温达志,叶万辉,冯慧玲,等. 外来入侵杂草薇甘菊及其伴生种基本光合特性的比较[J]. 热带亚热带植物学报,2000,8(2):139-146.
- [12] 殷祚云,李小川,何立平,等. 薇甘菊生态防除研究初报[J]. 广东林业科技,2003,19(4):17-22.

## The Distribution and Damage of Mikania Micrantha H.B.K. in Guangzhou

Liao Qingqiang Yao Suying Liang Zhixin

**Abstract** The distribution and damage of Mikania Micrantha H.B.K in Guangzhou were analyzed on the field investigation. The results show that Mikania Micrantha H.B.K widely distribute in marginal farmland, hilly plateau and the river bank, ranged in the altitude of 1~100 m, while they could not be found over the altitude of 250 m. Mikania Micrantha H.B.K mainly distribute in Nansha District, Panyu District, Haizhu District, Baiyun District, Luogang District and south Zengcheng District. In addition, countermeasures were discussed.

**Key words** mikania micrantha invasive alien species distribution damage control

## 城固茶园土壤原生动物群落结构与物种多样性调查<sup>\*</sup>

郑立柱 王妮娜 刘智峰

(陕西理工学院化学与环境科学学院, 陕西 汉中 723001)

**摘 要** 本文用活体观察和固定染色方法对城固茶园土壤原生动物的群落特征进行了调查, 共鉴定出土壤原生动物 39 种, 隶属于 7 纲、14 目。研究结果表明, 城固茶园土壤原生动物群落结构简单化。

**关键词** 城固茶园 土壤 原生动物 群落特征 调查

城固县位于陕西省南部, 汉中盆地的中部, 北靠秦岭, 南依巴山, 汉江横贯其中, 地处北纬  $32^{\circ}45' - 33^{\circ}40'$ , 东经  $107^{\circ}03' - 107^{\circ}30'$ 。气候温和湿润, 雨量相对充沛, 日照短而多雾, 土壤有机质丰富而松软, 使茶叶嫩度好茸毛多, 芽叶内含物丰富。汉江以南、巴山北麓的浅山区自古就有种茶、制茶、饮茶的传统和习俗, 茶叶生产历史悠久<sup>[1]</sup>。城固茶叶主要分布沿汉江以南的 8 个乡镇、102 个村、茶园面积  $33.4 \text{ km}^2$ 、初加工厂 40 多家, 年产茶 800 多 t, 产值 1 500 多万元。目前, 茶叶已成为推动城固县经济发展, 促进农民致富增收的支柱产业。

土壤原生动物作为土壤生态系统微型生物群落的重要组成部分, 和土壤微生物一样, 在土壤生态系统的物质循环和能量流动中发挥着重要作用。它形体微小, 表面积大, 具有对环境变化十分敏感的特点。许多种类生活周期仅几个小时, 可在 24 h 内得到结果。因此, 用土壤原生动物来监测土壤污染的程度比其他任何真核生物监测系统更快捷。原生动物在土壤生态系统中起着重要作用, 不仅有多方面的经济价值, 而且有重要的科学研究价值<sup>[2]</sup>。本文通过研究城固县大盘乡茶园土壤原生动物的物种组成、群落结构, 用生物监测的方法来评价该地区土壤的环境, 为该地区制定有效的土壤环境改善措施, 提高茶叶品质, 发展绿色产业经济提供基础资料。

### 1 研究方法

#### 1.1 样点设置和采样

城固大盘乡茶园平均海拔 869 m, 土壤以沙壤土和黄砂土为主, 平均土层 30 cm, 酸碱度适中, 是茶叶生长的适宜地区。2010 年 4 月, 在茶园内选取 3 个采样点, 在每个采样点的周边面积约  $400 \text{ m}^2$  的范围内, 用 15 mL 圆筒形采样器依棋盘式采样法采集 15 个 0~5 cm 土壤层土样, 将 45 份土样充分混匀, 带回实验室倒入白瓷盘, 自然风干。

#### 1.2 培养和鉴定

取 10~50 g 风干土样置于培养皿中, 采用“非淹没培养皿法”<sup>[3]</sup> 将其置于光照培养箱中, 在  $25^{\circ}\text{C}$  左右的温度下进行培养。在培养的第 2、4、7、11、14、21、30 d 镜检鉴定物种。每份土样重复培养若干次, 直到未出现新见物种为止。鉴定技术采用活体观察法, 固定染色技术参照 Fernandez-Galiano<sup>[4]</sup>、宋微波等<sup>[5]</sup>、Wilbert<sup>[6]</sup> 的蛋白银染色法。根据参考文献<sup>[7-10]</sup> 鉴定物种, 分类系统采用 Levine 等<sup>[11]</sup> 的分类系统。

#### 1.3 数据统计及优势类群的划分

1) 数据统计。用直接计数法 (direct counting method) 进行定量研究, 即取 0.4 g 新鲜土壤, 加土壤浸出液 (soil extract medium) (300 g 土壤 + 1 L 蒸馏水, 煮沸 10 min 后过滤, 取滤液) 2~3 mL, 充分摇匀并避免土壤颗粒粘附于容器壁上, 直接取土壤悬浮液在显微镜下计数, 直到将全部悬浮液检查完为止<sup>[12]</sup>。

2) 多样性指数计算。根据 Gleason-Margalef 物种多样性指数公式:

$$d = (S-1)/\ln N \quad (1)$$

式中:  $d$ ——多样性指数;

注: \* 项目基金: 陕西理工学院引进人才科研启动项目 (SLGQD0710)

收稿日期: 2010-07-28, 修改稿收到日期: 2010-09-08



$S$ ——种类数;  
 $N$ ——个体总数。

$d$  值的高低表明种类多样性的丰富与贫乏,由此可反映环境的优劣程度<sup>[13]</sup>。

3) 污生指数。采用文献[14]中 Pantle 等提出的污生指数公式:

$$Si = \sum Sh / \sum h \tag{2}$$

式中: $Si$ ——各样点的污生指数;  
 $S$ ——不同种类的污生指数分值,从寡污种到多污种其分值为 1~4;  
 $h$ ——出现频率,其值为 1~4。

$Si$  为 1.0~1.5, 属轻度污染;1.5~2.5 为中度污染;2.5~3.5 为重度污染;>3.5~4.0 为严重污染。

4) 优势类群划分。对鉴定到的各级分类单元及物种进行统计,将物种数最多的 2 个纲定义为优势类群。

2 结果与分析

2.1 物种组成

通过土壤样品定性研究,共鉴定出城固县大盘乡茶园土壤原生动物 39 种(见表 1),分别隶属于 2 门、7 纲、14 目。

表 1 城固县大盘乡茶园土壤原生动物物种

物 种	相对数量	物 种	相对数量
大口壳虫 <i>Arcellinida megastoma</i>	+++	僧帽肾形虫 <i>Colpoda cucullus</i>	++
长圆鳞壳虫 <i>Euglypha rotunda</i>	++	大口薄咽虫 <i>Leptopharynx eurystoma</i>	++
四线甲变形虫 <i>Thecamoeba quadrilineata</i>	+	篮口虫属一种 <i>Nassula sp.*</i>	+++
盘状后巨变虫 <i>Metachao diseoides</i>	+	小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i>	++++
奇观盖氏虫 <i>Glaeseria mira</i>	++	杯钟虫 <i>Vorticella cupifera</i>	++
小眼屋滴虫 <i>Oikomonas ocellata</i>	+++	钟虫属一种 <i>Vorticella sp.*</i>	+++
变形屋滴虫 <i>Oikomonas mutabilis</i>	++	鞘居虫属一种 <i>Vaginicola sp.*</i>	+
气球屋滴虫 <i>Oikomonas termo</i>	++	居中膜袋虫 <i>Cyclidium centrale</i>	++++
梭形眼虫 <i>Euglena acus</i>	++++	黑睫杵虫 <i>Ophryoglena atra</i>	++
尾波豆虫 <i>Bodo caudatus</i>	++	绿急游虫 <i>Strombidium viride</i>	++
钩刺波豆虫 <i>Bodo uncinatus</i>	+	似后毛虫 <i>Opisthotricha similes</i>	++
梭啄尾虫 <i>Urophagus rostratua</i>	++	变棘尾虫 <i>Opisthotricha curvata</i>	+
多变斜板虫 <i>Plagiocampa mutabilis</i>	+	凹缝楯纤虫 <i>Aspidisca sulcata</i>	++++
双核长颈虫 <i>Dileptus binucleatus</i>	++	苔藓尖毛虫 <i>Oxytricha muscorum</i>	++
棍刀口虫 <i>Spathidium claviforme</i>	++	膜状急纤虫 <i>Tachysom pellionella</i>	+++
刀口虫属一种 <i>Spathidium sp.*</i>	+	粘游仆虫 <i>Euplotes muscicola</i>	++
卑怯管叶虫 <i>Trachelophyllum pusillum</i>	+++	镰钩游仆虫 <i>Euplotes harpa</i>	++
智利管叶虫 <i>Trachelophyllum chilense</i>	+++	近亲殖口虫 <i>Gonostomum affine</i>	++++
扭曲管叶虫 <i>Trachelophyllum sigmoides</i>	+++	粗圆纤虫 <i>Strongylidium crassum</i>	++
盘状肾形虫 <i>Colpoda patella</i>	+++		

注: \* 未定名种(Unnamed species); +、++、+++、++++ 表示该物种有分布且相对数量分别为 10、100、1 000 和 10 000。

2.2 群落结构

从采样点土壤原生动物群落结构来看(见表 2),纤毛门种类最多占总种数的 69.2%,肉鞭门较少为 30.8%;第 1 优势类群为动基片纲,占总种类数的 28.2%;第 2 优势类群为多膜纲,占总种类数的 25.6%。

2.3 污染指示种

原生动物种类多,适应范围广,但是最适宜生长范围还是比较窄的,因此常见种类很可能出现在多种污染土壤中,但是数量上只在某一种或两种土壤中最多,所以必须考虑数量之多寡。在应用中最好是采用常见而又占优势的种类来指示该土壤的污染程度。

表 2 城固县大盘乡茶园土壤原生动物群落结构

原生动物	目	科	属	种
肉鞭门 <i>Sarcomastigophorea</i>				
金藻纲 <i>Chrysophyceae</i>	1	1	2	3
动鞭毛纲 <i>Zoomastigophora</i>	2	2	2	3
叶足纲 <i>Lobosea</i>	2	2	3	5
裸藻纲 <i>Euglenophyceae</i>	1	1	1	1
纤毛门 <i>Ciliophorea</i>				
动基片纲 <i>Kinetofragminophorea</i>	3	5	8	11
寡膜纲 <i>oligohymenophorea</i>	3	4	4	6
多膜纲 <i>Polyhymenophorea</i>	2	5	7	10
总计	14	20	27	39

多污性的原生动物有：施氏肾形虫、变豆形虫、闪瞬目虫、梨形四膜虫、小口钟虫、及扭头虫、齿口虫等。

a- 中污性的原生动物有：鞭毛虫如草履唇滴虫、卵形隐滴虫、变形鞭毛虫及袋鞭虫等；纤毛虫如锐利木盾形虫、螭状独缩虫、僧帽斜管虫、僧帽肾形虫、盘状游行虫、尾草履虫等；变形虫如齿表壳虫、普通表壳虫、池沼多核变形虫、古纳旧虫等。

β - 中污性的原生动物有：鞭毛虫如红球虫、葡萄合尾滴虫、衣滴虫等；纤毛虫如珍珠映毛虫、三刺榴弹虫、双环带毛虫、天鹅长吻虫和娇旋口纤虫等；变形虫如卡罗林多核变形虫、大变形虫等。

寡污性的原生动物有：鹅长颈虫、无色额口虫、钟形钟虫、截形平鞘虫、Mayorella 等<sup>[15-16]</sup>。

城固县大盘乡茶园样点土壤原生动物的污染指示种统计情况见表 3。

表 3 城固县大盘乡茶园采样点中土壤原生动物的指示种统计

多污性	a- 中污性	β - 中污性	寡污性
小口钟虫	膜状急纤虫	近亲殖口虫	
尾波豆虫	尾波豆虫	凹缝楯纤虫	
	梭形眼虫	梭形眼虫	
	僧帽肾形虫	僧帽肾形虫	

3 小结与讨论

本研究在城固县大盘乡茶园共鉴定出土壤原生动物 39 种(包括 4 个未定名种),其中肉鞭门 12 种,纤毛门 27 种,纤毛门动基片纲原生动物种类最多,肉鞭门裸藻纲原生动物种类最少。

通过对城固县大盘乡茶园土壤原生动物用 Gleason-Margalef 物种多样性指数公式计算:物种多样性  $d=2.834$ 。 $d$  值越高,土壤物种多样性越丰富,反之,则越简单,由此看出研究地区的物种比较单一。和申海香等<sup>[17-18]</sup>在甘肃小陇山桃花沟森林公园土壤中鉴定出的肉鞭类 69 种,隶属于 4 纲 10 目 22 科 33 属;纤毛类 75 种,隶属于 3 纲 11 目 29 科 40 属相比较也能说明此问题。Waid<sup>[19]</sup>指出,植被的类型、数量和化学组成可能是土壤微生物多样性变化的主要决定因素。大盘乡茶园中除茶树外没有其它灌木,而且地表植被也很少见,研究地区植被结构单一造成了土壤群落结构简单化。其次 Pandey 等<sup>[20]</sup>对茶园土壤生态系统中微生物的研究发现,茶树根系能够限制微生物的生长,茶树枯叶也包含抗微生物物质,茶园土壤较低的 pH 值会引起铝毒,这些限制因子均导致了土壤微生物种类的减少。此外喷洒农药与施肥也可能是限制微生物数量与种类的因素。

用 Pantle 等提出的污生指数公式计算结果为:污生指数  $Si=2.322$ ,结果表明研究地区土壤已遭到中度污染,物种多样性  $d=2.834$  也能说明此结果。茶园中度污染与附近的工矿企业有密不可分的关系,工厂产生的污水部分排放入渭水河,而此河流水用于补给茶园的水分,这对茶园的土壤环境质量产生影响;同时,工厂排放出来的有害气体及颗粒物也随雨水降落在土壤中,造成土壤环境质量下降。

利用原生动物对环境监测具有便于观察、操作简单、迅速灵敏等特点,将其作为指示生物,通过直接观察其数量、物种多样性和群落结构进而反映茶园中土壤环境质量,为茶园管理迅速提供科学依据。其次,如果在土壤中接种纤毛虫,如肾形虫(Colopodia)和尖毛虫(Oxytricha),可使土壤中有有效磷的含量大幅度提高,并且促进植物对磷的吸收和分解有机物质,促进物质循环<sup>[21]</sup>,为茶农节省一笔可观的施肥费用。

4 参考文献

[1] 饶文轩, 张星显. 汉中茶产业的现状与持续发展对策[J]. 汉中茶叶通报, 2007, 29(1): 11-18.

[2] 王焕校. 污染生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 136-189.

[3] Foissner W. Estimating the species richness of soil protozoa using the "flooded petri-dish method" In: Lee JJ, Soldo AT, Protocols in Protozoology [M]. Lawrence: Allen Press, 1992, 6

- (B):1-2.
- [4] Fernandez-Galiano D. Silver impregnation of ciliated protozoa: procedure yielding good results with the pyridinated carbonate method[J]. Trans AmMicrosc Soc, 1976, 95: 557-560.
- [5] 宋微波, 徐奎栋. 纤毛虫原生动物形态学研究的常用方法[J]. 海洋科学, 1994, 6: 6-8.
- [6] Wilbert N. Eine verbesserte Technik der Protargolimpragnation für Ciliaten[J]. Mikrokosmos, 1975, 6: 171-179.
- [7] 宁应之, 沈韞芬. 中国土壤原生动物新记录种(肉鞭虫门)[J]. 动物学杂志, 1999, 34(4): 2-5.
- [8] 尹文英, 杨逢春, 王振中, 等. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 97-156.
- [9] Page FC. An Illustrated Key to Freshwater and Soil Amoebae with Notes on Cultivation and Ecology[M]. Amble-side: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1976: 33-147.
- [10] Foissner W. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen rain forests of Australia, South America and Costa Rica; diversity and description of new species [J]. Biol Fertil Soils, 1997, 25: 317-339.
- [11] Levine ND, Corliss J O, Cox F E G, et al. A newly revised classification of the protozoa[J]. Protozool, 1980, 27: 37-58.
- [12] 土壤动物研究方法手册编写组. 土壤动物研究方法手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 56-57, 63-72, 109.
- [13] 许木启, PETTER Kasprzar. 德国柏林市 Stechlin 湖原生动物群落多样性特征的初步研究[J]. 湖泊科学, 2001, 13(4): 322-330.
- [14] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微型生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990: 128-129.
- [15] 大连水产学院主编. 淡水生物学(下册)[M]. 北京: 农业出版社, 1983: 237-258.
- [16] Shubert L E. Algae as ecological indicators[M]. London: Academic Press, 1984: 434-492.
- [14] 申海香, 马正学, 马尚盛, 等. 甘肃小陇山桃花沟森林公园土壤肉鞭虫群落特征[J]. 生态学杂志, 2009, 18(1): 38-44.
- [15] 马正学, 申海香, 宁应之, 等. 甘肃小陇山桃花沟森林公园土壤纤毛虫的群落特征[J]. 生态学杂志, 2008, 27(2): 208-212.
- [19] Waid JS. Does soil biodiversity depend upon metabolic activity and influences? [J]. Applied Soil Ecology, 1999, 13: 151-158.
- [20] Pandey A, Palni LMS. The rhizosphere effect of tea on soil microbes in a Himalayan monsoonal location[J]. Biology and Fertility of Soils, 1996, 21: 131-137.
- [21] 王娅宁, 施心路, 刘桂杰, 等. 纤毛原生动物研究的经济意义[J]. 生物学杂志, 2009, 26(6): 72-75.

## Community Characteristics and Species Diversity of Soil Protozoa in Chenggu Tea Garden

Zheng Lizhu Wang Nina Liu Zhifeng

**Abstract** In April, 2010, the community characteristics of soil protozoa in Chenggu tea garden were studied by the methods of in vivo observation and fixation-staining. A total of 39 species of soil protozoa were identified, belonging to 7 orders of 3 classes. The results show that the soil protozoa community structure in Chenggu tea garden has been simplified.

**Key words** tea garden protozoa community characteristic

## 搞好节能减排 创建绿色社区

由广东省环境保护厅宣教中心主办的第五批广东省绿色社区申报培训班 3 月 18 日在广州东山宾馆隆重开班, 来自广东省各市(县)、区环保和民政部门的分管干部及部分街道办事处、社区代表等共 150 多人参加了培训。

广东省创建绿色社区领导小组办公室周观明主任、广东省环境保护厅宣教中心罗佳部长、广州市环保节能建材行业协会黄润潮秘书长在培训班上授课, 同时邀请了国家级绿色社区——广州市越秀区都府街社区领导和广东联泰物业管理公司陈燕玲经理分别作创建绿色社区经验介绍。

黄润潮秘书长通过多媒体课件从“加强教育, 知行合一; 落实政策, 当好表率; 立足社区, 着眼家庭; 开源节流, 科技领先; 行为节能, 全民动员”等几方面演示“创建省级绿色社区如何节能减排”的课题; 呼吁大家“从现在做起、从我做起、从身边小事(点滴)做起、从家庭做起、从绿色社区评审标准做起、从运用已掌握的知识做起”把低碳生活践行到底。

通过培训, 大家对绿色社区的创建工作有了更为全面的把握, 对如何节能减排、践行绿色低碳生活有了更深刻的认识。

(李铭霞)

## 电除尘器的效率改进及其安全管理

唐崇杰

(湛江市环境科学技术研究所, 广东 湛江 524022)

**摘 要** 本文从设备设计、运营管理方面分析广州某电厂电除尘器除尘效率下降的主要原因,并简要介绍所采取的改造措施并分析电除尘器的安全管理问题,为其它电厂解决同类问题提供参考。

**关键词** 电除尘器 除尘效率 阳极板 安全管理

电除尘器是通过高压电场电离,将尘粒与含尘气体分离的一种除尘设备,自 1906 年 F.G.Cottrell 第一次将电除尘器应用于工业生产以来,已有百余年历史<sup>[1]</sup>。广州某电厂 6 号及 7 号机组(200 MW)分别于 1999 年和 2002 年建成投运,电除尘器投运初期运行情况良好,除尘效率达到了设计要求。但随着运行时间增长,除尘效果逐渐变差,电场运行参数开始下降,二次电压、二次电流均难以达到正常值,整体使用状况不容乐观,并且在管理上存在着安全隐患。

### 1 除尘效率下降的原因分析

为了找出 6 号、7 号炉电除尘器除尘效率降低的原因,寻求合理有效的治理方案,总结以往故障原因,经多次进入电除尘器内部进行检查分析,发现除尘效率下降的原因主要有以下几个方面:

#### 1.1 电晕线(阴极线)经常断线引起电除尘器内工作电场短路

应用于 6 号、7 号电除尘器第一电场电晕线是锯齿线,这种锯齿线有着以下明显缺陷:

1) 基于电晕效果考虑,该锯齿线设计规格为 1 500 mm × 10 mm × 1.5 mm,采用镍络合金钢材剪切而成,其刚度韧性相对不够,在高温和气体侵蚀条件下往往容易折断,且在长期运行中已产生严重的疲劳和锈蚀现象。

2) 在制造工艺上,锯齿线剪切加工时存在缺陷,增加运行过程中锯齿断线的可能性。

3) 在安装工艺上,锯齿线安装在阴极小框架上

是用两端螺母来调整其安装松紧程度。因锯齿线细小,若安装过紧,则会造成在运行当中受到周期性应力的作用而导致断裂,且在电除尘器启停过程中,拉紧的锯齿线与阴极小框架的热胀冷缩量不同,也会造成断线;若安装过松,则锯齿线会在烟气的冲击下产生摆动而断裂,或造成电场局部的强烈放电而烧断。由于该锯齿线数量极多,且其松紧程度是凭安装及维护人员的经验及手感来控制,很难确保所有的锯齿线松紧程度均达到要求。由于锯齿线松紧程度不均匀,强度不足,断线率高,且弯曲变形现象较普遍。一个电场只要有一根阴极线断线就会出现电场短路,只要有一根阴极线变形就会造成电压升不高,因此对电除尘器的稳定运行影响较大。

#### 1.2 阳极板下部撕裂

阳极板高 12 m,宽 4 m,用厚度仅为 1.5 mm 的 A3 薄铜板轧制而成。电除尘器经过 7 a 以上的长时间运行,由于阳极振打锤连续不断地敲击阳极板底部承击砧,加上存在低温腐蚀,造成振打撞击杆螺栓联接处松动,阳极板排下端通过凸凹套与固定夹板连接的部位也因长期振打疲劳而撕烂,振打撞击杆下移,阳极板撕裂,见图 1。振打力在这个位置衰减相当严重,无法正常传递到阳极板上部,最终导致吸附在阳极板上的灰尘难以被清除,阴阳极间距减小,极间空气“击穿”电压大大降低,电场不能维持正常电压、电流参数运行,除尘效率下降。因此经常出现停机期间对极板清灰,开机之后的头几天除尘效率尚可,但随着极板积灰越来越多得不到有效清除时,除尘效率明显下降。



图 1 阳极板撕裂

### 1.3 灰斗上部挡板脱落

除尘器灰斗上部挡板脱落的现象普遍存在,第 6、7 号炉电除尘器停炉检修的时候,经常可以发现脱落的灰斗上部挡板搭拉在灰斗壁上,见图 2。

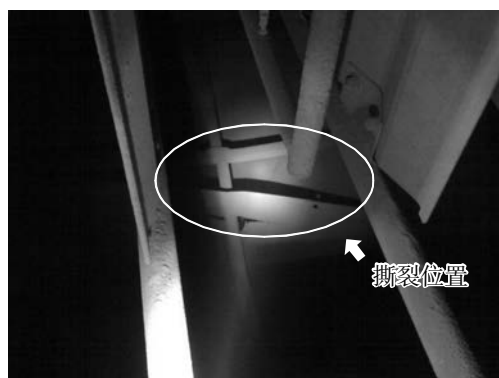


图 2 除尘器灰斗上部挡板脱落

挡板脱落后,导致部分烟气直接从脱落的缺口处通过,从而会加重下一电场的负荷,倘若脱落的挡板属于最后一级电场,则会在一定程度上增加粉尘的出口浓度。

### 1.4 阳极振打轴承衬磨损

随着运行时间的增长,阳极振打轴承磨损也越来越严重,有些已磨损出深 20~30 mm 的沟槽,运行中热胀时轴承衬卡在磨损的槽内,转动阻力进一步加大。同时阳极振打轴承的磨损,导致阳极振打轴系中心下移,振打锤不能打在承击砧的中心位置,大大降低了振打锤的打击性能。阳极板排传递振打力性能差,所以阳极板上的灰尘不易打落下来,积灰在 5~25 mm 左右,从而影响电晕的正常放电,使二次电流变小,除尘效果变差。

### 1.5 阴极振打轴系卡涩

由于原结构选用的轴承为叉式轴承,系相对滑动系列,加上轴承磨损较为严重,拨叉磨损变形,振打锤卡涩,使得轴系转动阻力大幅度增加,振打电机的负荷随之加重,作为绝缘隔离体的电瓷轴受到的扭矩也随之加大,当该扭矩接近或超过电瓷轴本身的强度时,电瓷轴就容易碎裂。并且振打电机烧毁较多,导致阴极振打系统经常退出运行,造成电晕电极因沉积的粉尘过多而肥大<sup>[2]</sup>,不能及时清除,造成电气条件恶化,直接影响到除尘效果。

### 1.6 灰斗与灰斗联接部位凸台积灰

在灰斗与灰斗之间接合处存在水平凸台,灰尘容易在这里堆积,堆积到一定高度导致接触到阴极线时便造成短路,电场不得不退出运行。

### 1.7 检修不及时

由于平时没有做到及时检修,使得故障和问题不断恶化。

## 2 电除尘器的技术改进

通过除尘效率下降的原因分析,现提出以下改进措施,建议在机组技术改造或大修期间对电除尘器进行综合治理。

### 2.1 第一电场阴极线更换为管型芒刺线

对阴极系统进行改造,将第一电场锯齿型阴极线更换为“RSB”型芒刺线。相对于原锯齿线,“RSB”型芒刺线无论是机械强度性能还是放电性能都要好,并且对烟气条件变化的适应性也增强<sup>[3]</sup>,可以有效避免电场含尘浓度比较高而发生电晕封闭现象。

在芒刺线与阴极小框架上、下联接处设计加装绝缘套管,这样即使是阴极线断线也在套管内,断线不会搭在极板上造成电场短路。

### 2.2 阳极板下部加装加强板

针对因阳极板下部撕裂引起振打力无法传递的问题,在阳极板下端增加安装高度为 180 mm 的加强板,达到了整体更换阳极板而大量节省修理费用的目的。将下移的下端夹板抬高到原安装位置,采用与现有极板波形及凹凸孔完全吻合的加强板,从极板的两面夹持,并通过原有的 2 个凹凸套和一定数量的螺栓组,可靠地将它们紧贴在一起,增强阳极板

排的整体性和刚性。若加强板与原极板贴合有误时,可适当修割加强板宽度尺寸,保证振打力传递到极板防风槽内的侧边棱和板面的每一道波槽棱,以达到传力可靠、耐久的效果。

### 2.3 阴极振打轴承改型

把阴极振打系统上、下层振打轴滑动轴承全部改型,变滑动摩擦为滚动摩擦,以减小阴极振打轴系的轴动阻力。

### 2.4 更换阳极振打轴承衬

更换所有阳极振打轴承衬,并重新调校阳极振打轴系中心,保证振打锤打击在承击砧的中心位置。安装时考虑预留阳极板在运行热态时向下的膨胀量。全面检修加固阳极振打锤,防止运行中掉锤现象的发生。

### 2.5 灰斗与灰斗联接部位加焊卸灰板,加固灰斗上部挡板

在灰斗与灰斗之间接合处水平凸台上加焊倒“V”型卸灰板,防止灰尘在灰斗接合处堆积,并在维护期间加固灰斗上部挡板。

6号机组除尘器系统于2007年10月炉中修期间对第一电场阴极线进行更换,并在阳极板下部加装了加强板,在改造工作完成后对电除尘器进行了空载升压试验,电场的二次电压及二次电流等主要电气参数已完全达到原设计值,伏安特性曲线斜率明显改善,二次电压达到65KV,二次电流达1000mA,除尘效率测试结果为98.2%。

## 3 电除尘器存在的安全管理问题及建议

电除尘器是一个相对独立的运行单元,在运行中,它的电场是整体封闭的,运行人员只进行电压调整、检查设备状况、维护最佳运行方式、事故处理等工作<sup>[4]</sup>。电厂在电除尘设备撤运、检修、消缺或试运过程中,存在着以下安全隐患:①误操作;②误入带电间隔;③误将检修设备加压;④误开电除尘人孔门。

目前,该电厂的《电力安全工作规程》中尚无电除尘器安全管理的相应规章条款。因此,需制定出相应的安全措施,加大对电除尘器安全运行管理的力度,以防止发生人身事故。对此提出四点规范管理建议。

### 3.1 电除尘电场钥匙管理规范化

为了便于维护和消缺,所有电场钥匙全部系在一个大圆盘上,使工作人员无论走到哪个电场,都能够打开任何一把网门挂锁,但也存在工作人员误入带电间隔的危险。针对这一安全隐患,建议采取以下措施:

1) 将电除尘器各工作电场、操作控制柜、阴极振打、整流变高压输出,分为单元组进行分组管理。每单元组的钥匙只能归到一个钥匙牌上,并在其操作控制柜门上加焊一把挂锁,各单元钥匙统一存放在电气控制室的钥匙柜内,由电气运行班长管理。

2) 任何在电场内的撤运、检修工作,由当值班长批准,通过电气运行班长下达命令,并执行设备停、送电联系单,由机械运行班长签字,核对无误后再进行操作。

3) 电气运行班长发布操作命令后,将所需撤运的电场单元组钥匙交给操作监护人,由2人进行操作(执行操作监护制)。按操作程序进行停电后,才可打开不带电压、需要撤运的电场网门。

4) 完善电除尘器检修工作票制度。机械部分检修使用热机工作票,由机械运行班长许可并保存;电气部分检修由电除尘值班员办理许可手续,工作票保存在电气运行处。检修的电除尘设备及接地线数、位置应作好记录,按值移交。

### 3.2 完善电除尘器各电场验电装置

一般电除尘器均未安装可供运行人员进行验电的装置,为了保证运行人员人身安全,可在各电场整流变交流380V电源侧,安装验电装置,并配有电压表、电源指示灯,使运行人员进入检修电场网门前,能很方便地使用验电笔先进行验电,并以电压表、电源指示灯作为辅助监视,可保证安全运行,防止发生人身事故。

### 3.3 在电除尘器整流变高压侧引线装设接地线

当运行人员进入检修的网门内布置安全措施,在将隔离刀闸旋至接地侧时,电场阴极线、振打装置等应可靠接地,以保证检修人员安全,确保在任何一个单元电场内工作人员的安全。

### 3.4 重视电除尘器人孔门的安全管理

运行中电除尘器的人孔门,应全部关闭上锁,严禁开启。钥匙统一由电气运行管理,运行中任何人不得

得外借。电除尘撤运后,检查、消缺、处理故障时,会有机械检修人员通过人孔门进入设备内,为了防止意外,如误将检修人员锁在设备内、检修完毕不锁门或运行中误将人孔门打开等。应专门制定电除尘人孔门安全管理规定,由工作票负责人负责执行。人孔门钥匙只能借给持相应检修工作票的负责人,并办理借用钥匙登记,其他人员不得借用。工作完毕,将人孔门关闭锁好,由工作负责人将钥匙交还电气运行组,并办理借用钥匙注销手续。若人孔门钥匙在工作结束后,不能按时交回电气,电除尘不得升压投运,并报告值长、分场主任,设法追回钥匙,在确认人孔门已关闭锁好后,电除尘方可投入运行。

### 3.5 电除尘器外置设备的改进

厂家在制造电除尘控制柜时,在每一个电场 380 V 电源侧,应加装一个隔离刀闸。这样在检修电场设备、布置安全措施时,使检修回路有一个明显的断开点,以保证安全检修设备。同时,亦能减少用户不必要的事后改造费用。

## 4 总结

电除尘器运行的好坏直接影响到对含尘气体所能达到的净化程度<sup>[5]</sup>。我们不仅要从技术上不断改进,提高电除尘器的运行效率,还要加强电除尘器的安全管理工作,只有规范了操作程序,制定了管理制度,完善了防范措施,才能更好地保证电除尘器的正常运作。

## 5 参考文献

- [1] 金国森. 除尘设备[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 陈作文. 300 MW 机组电除尘器效率降低的原因及对策[J]. 热力发电,2008,37(9):56-58.
- [3] 原永涛. 火力发电厂电除尘技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [4] 常同芳. 电除尘器运行中的安全管理问题[J]. 电力安全技术,2001,3(1):13-14.
- [5] 吴开兴,郑玉卿. 提高电除尘器效率的有效途径[J]. 河北工业科技,2009,26(5):424-427.

## The Efficiency Improvement and Safety Management Measures for Electro Dust Trap

Tang Chongjie

**Abstract** The major problems with the efficiency descension of electro dust trap in some power plants in Guangzhou were discussed, and some measures were suggested for the improvement and safety management of electro dust trap.

**Key words** electro static precipitator(ESP) dust collection efficiency anode plate safety management

## 广州市环境监测中心站与中国科学院广州地球化学研究所 合作建立博士后科研基地和城市大气环境联合实验室

2010 年 10 月 26 日,广州市环境监测中心站与中国科学院广州地球化学研究所“城市大气环境联合实验室”和“博士后科研基地”揭牌仪式在广州市环境监测中心站举行。广州市环保局丁红都局长、戴剑锋副书记、何榕友副局长,中科院广州地化所傅家谟院士、徐义刚所长、张干副所长等领导出席揭牌仪式。参加揭牌仪式的还有广州市环保局和中科院广州地化所相关处室,以及广州市荔湾区、天河区、萝岗区、番禺区等片区重点监测站的领导。

丁红都局长与傅家谟院士共同为“城市大气环境联合实验室”和“博士后科研基地”揭牌。王少毅站长与徐义刚所长

代表双方共同签署了合作协议书。双方就今后的合作与发展等事宜进行深入交流。傅家谟院士、徐义刚所长一行还参观了广州市环境监测中心站的空气质量监测实验室。

“博士后科研基地”和“城市大气环境联合实验室”的建立,标志着广州市环境监测中心站与中国科学院广州地球化学研究所在优势互补、人才培养等方面的合作更加密切,特别是让环境机理研究与环境现状的分析更充分的结合,为环境行政决策提供更多更好的技术支持搭建了良好平台。环境监测与环境研究的合作将能充分发挥强强联手、资源共享和优势互补的优势。

(广州市环境监测中心站)



# 广州市小学环境教育模式探讨

区宝华

(广州市越秀区东山培正小学, 广州 510080)

**摘 要** 本文从广州市小学生环境教育的现状和问题分析开始,从要素调动程度、特点和目标达成方面分析比较了广州市小学环境教育的 4 种主要的模式——渗透模式、“实践 - 交互 - 参与”模式、“生态学校”模式、与社区服务相结合模式。文章认为 4 种模式各有长短,在教学实践上应多根据自身情况和学生需要灵活运用一种或多种模式,才能达到环境教育的最佳效果。

**关键词** 小学 环境教育 模式 广州市

## 1 环境教育的现状和问题分析

教育部在 2003 年制定了《中小学生环境教育专题教育大纲》,规定环境教育从小学一年级到高中二年级,按平均每学年 4 课时安排教学内容。同时,通过相关基础学科的渗透教学,来达到加强环境教育的目的。但是目前广州市的小学尚未开设单独的环境教育课,环境教育的方式主要是渗透式的环境教育模式。这种渗透模式环境教育,存在明显的缺陷:

- 1) 自上而下的灌输式教学,学生的反馈比较少。
- 2) 教师培训不足。
- 3) 适合环境教育的教材稀缺,而且不够本土化。
- 4) 基础学科的教学处在应试教育和教学改革的夹缝中,很难抽出资源进行环境教育。

5) 环境教育效果取决于教师的自愿,缺乏稳定性和可控性。教师是否愿意加入环境教育这种“弹性”的教育内容,完全是个人选择问题。面对硬性的学科教学指标压力和弹性的环境教育,精力有限的教师,很有可能会忽略弹性的内容。因此,环境教育的效果完全取决于教师的选择,弹性非常大。

6) 缺乏环境教育的目标评估机制。由于不是单独授课,而是把环境教育整合到其它学科授课中,环境教育显得零散,缺乏系统性,难以整合成一个有机整体。因此,评估就无从谈起。缺乏目标评估机制,环境教育的质量难以得到及时的反馈,也难以在教师中产生环境教育的激励作用。环境教育的效果完全取决于教师的自愿,没有一定的反馈激励机制,教

师在课程中整合环境教育的内容的积极性,进一步降低。

## 2 4 种环境教育模式的比较

### 2.1 渗透式教育模式

这种渗透式教育模式是在当前广州市的教育体系中被提倡的一种重要教育手段,许多学校都有要求各科教师在各自的课程教学中,将环境教育渗透于学科教学当中,因应当时的教学内容适时渗透环境教育。目前,节能减排,崇尚低碳生活已成为学校渗透式教育模式的主流,如在品德与社会课程中,教师会在教学中倡导学生绿色出行,尽量使用公共交通工具,少开私家车等。总之,在任何一门常规的学科教学中都可以适当地渗透环境教育的内容,教师可以根据自己学科的特点和教学进程,从已有的环境教育教学方案中选择合适的內容,或者自己进行设计。总的来说,渗透式教育模式,就是将适当的环境主题或环境教育成分(包括概念、态度与技能)融入现行的各门课程之中,通过各门学科的教学,达到环境教育的目的和目标。渗透式比较容易实行,因为不需要另外开设一门新的课程,操作上简单方便,但环境教育显得零碎而缺乏系统,教学效果也难以控制。

渗透式的环境教育能否推行,取决于教育部门的规定、学校领导和教师的配合。因此,只要教育部门有环境教育的决心,投放足够的资源,例如资金、

师资培训和考核机制等,渗透式的环境教育将会取得明显的成效。目前,在广州市还没有开设独立的环境教育课程,因此渗透式教学是最重要的也是最主要的模式。

但另一方面,渗透式的教育对社区课外活动、家庭教育、生态环境和媒体宣传这些要素完全没有触及,完全只在课堂上传授环境知识,只着眼于教授和被教授的关系。因此,虽然渗透式教育对提高学生的环境知识和技能效果十分明显,但却不一定能够树立学生正确的环境态度和环保责任感,因为环境态度和责任感的形成,很大程度上需要以上各个要素的紧密配合。缺乏参与性和实践性是渗透式的一大缺点。渗透式教育着重理论知识的教授,却容易忽略学生运用环境知识解决身边环境问题的能力。缺乏实践和感性认识的获取,也不容易树立学生对环境的积极态度。

## 2.2 “实践-交互-参与”模式

广州市的新课程改革增加了综合实践课程。目前各校都对环境教育相当重视,都在积极培养学生爱护环境、保护环境意识,所以各校订出来的综合实践课程大多都与环境教育有关。这也可以说是学校环境教育的一个有力补充。综合实践课程的开展模式就是“实践-交互-参与”模式的体现。以广州市越秀区东山培正小学为例,在综合实践课中,各级会根据学生的年龄特点及当今社会关注的热点环境问题确立一个大专题(如五年级的题目是:我与低碳生活),但“小题目”就完全由学生设立(如:有学生调查自己家庭的碳排放情况),“小题目”其实就是学生自己的研究项目,之后学生就根据自己的研究项目订立自己的研究目标及研究内容,教师作为一个指导的角色参与其中,传授与其研究项目相关的环境知识。这就完成了第一部分:环境认知教育;然后是学生的实施阶段,学生根据之前自己确立的目标去进行活动,例如亲自到大自然中去体验,进行调查访问等。老师仍然只是参与其中作为一个引导,并通过分享、交流总结体会,最终完成第二部分:态度和情感教育;最后结题总结,学生之间,学生教师之间做出评价反思,完成第三部分:环境行为教育。从上述事例中可以看出,“实践-交互-参与”模式主要是分成了3大部分:

1) 环境认知教育。在这个阶段,指导教师给不

同组别的学生安排相关的项目任务,让他们参与项目实施的设计,并教授项目相关的知识。学生掌握并应用这些知识到项目设计中。教师能够对学生的实施方案进行评估和指导,帮助学生确立最终的方案。

2) 态度和情感教育。在这个阶段,是学生主动实施项目的阶段。在项目实践中,学生通过实地观察和亲身体验,获得对大自然的感性认识,有助于他们的环境价值观和社会责任感的培养。教师的角色仍然是引导员:通过指导学生的项目实践,并通过网络引导不同项目小组的共享和交流,让不同项目的学生通过网络来证明和陈述自己的观点和想法,聆听别人的经验和感受。

3) 环境行为教育。学生完成实施方案的内容后,在教师的指导下对实践进行评估和总结,对实践中的问题进行反思,形成系统的解决办法。这个阶段是受教育者运用知识和技能解决环境问题的最重要阶段。

“实践-交互-参与”式的环境教育,以项目为单位,比起渗透式教育模式,更能调动学生的主体性,弥补了渗透式在实践性和参与性的不足。

但是,这种模式的缺点也十分明显。

首先,教师对项目的指导和分享方面,教师是同时对多个项目进行指导,这样必然削弱了教师对项目的控制力。教师虽然可以同时控制几个项目的进行,但教师的工作量会相当大。同时进行几个项目,会分散教师的教学资源。

第二,如果教师对项目仅仅是一种遥控功能,那么项目实施的情况,很依赖学生自身的实践能力和自主性。这种指导的教学方法,比较适合高年级学生,而不适合低年级学生。因为对低年级的学生而言,他们的自主性和实践能力都比较低,需要教师更多的直接干预和指导。

第三,就是这种模式的可行性问题。如果这种模式应用到学科教育上,从学生方面来说,将会占用他们大量的课外时间,而且必须征得家长的认同和配合。从教师方面来说,则大大增加了他们的工作量。他们一方面要完成硬性的学科教育指标,一方面还要抽出大量的时间来选择和指导学生的实践项目。在这样的工作压力下,这种模式的执行质量很难保证。如果这种模式由学校以外的第三方执行,例如社区组织,校外教育团体来执行,号召力则减弱。如果要达到良好的效果,必须调动到环境教育的其它要

素,例如学校、家长和媒体对活动的支持和配合。

### 2.3 “生态学校”模式

“生态学校”模式是指在保持和发展跨学科环境教育课程的基础上,为学生提供更多融入环境教育的途径和机会,促使环境教育纳入学校管理和教育环节中,形成一个综合性的环境管理系统,提高学生的环境意识,最终促使环境意识和行为,成为所有学生生活和道德精神的内在组成。“生态学校”模式的精髓所在是让学生回归自然,让学生重新在大自然中学习。“生态学校”模式已开始逐渐被社会所认识,也逐渐受到各界的重视。于2010年4月1日,在广州就举办了首届“中日韩生态学校交流会”

生态学校遵循的是“在环境中教育”的教育思想,从学校开始,把学生置身于拥有良好生态和环境管理系统中,让学生参与学校生态系统和环境管理的决策,让学生亲身感受良好的生态环境,和自主实践创造这样的生态环境。通过这种感性体验和亲身参与,有助于学生深入认识和理解环境问题的重要性,影响他们的意识和理念,使其在今后的个人和家庭生活中更加重视环境问题。这种模式的优点是参与的普遍性。要达到生态学校的目标,必须全校所有人员的全方位参与。

不同学校可以根据各自的资源和地区状况,制定和实施不同的方案。因此,生态学校模式具有很大的地区适应性。生态学校的形成完全是取决于学校校长的环境教育意识,教师们的参与意识和教育意识,学生的实际参与意识。目前广州市的“生态学校”模式只处于开始探索建设的最初阶段,还需继续深入探讨和开展。

### 2.4 与社区服务相结合模式

与社区服务相结合模式是指环境教育以项目为单位,这些项目由社区组织(环保组织,社区服务组织等)发起的,并由学校、教师积极配合实施<sup>2</sup>。在广州市与社区服务相结合模式的一个典型是广州市环境科学学会和越秀区环保局、越秀区教育局与东山培正小学、东风东路小学、黄花小学、署前路小学共同举办的“广州市小学生环境科学夏令营”。这个夏令营旨在增强学生的环境保护意识及懂得节约身边的资源。夏令营的对象是以小学四、五年级学生为主,其主要方式是,在夏令营活动中透过讲座、录像、游戏、参观等内容,让学生了解环保知识,增强环境

意识。作为环境教育项目的“广州市小学生环境科学夏令营”很好地契合了“环境”与“教育”两点:一方面,它重视环境知识、环境意识的传授、培养;另一方面,它更强调教育主题的深化,强调转变传统教育模式,鼓励学生通过深入实践、自主学习,实现知识、技能、态度和价值观的全方位发展。

与社区服务相结合模式,也是多方参与的环境教育模式,调动了课堂教学、课外活动、生态环境和媒体这些要素。教师、学校、学生、社区组织的积极参与和媒体的报道宣传,将有利于项目的执行。

这种模式也有一定的局限性。首先,这种模式的效果依赖于社区环保组织的资金、时间和专业程度。要达到一定的环境教育目标,项目的设计必须系统和完整,而且需要长时间的准备和较大的资金投入,例如交通、器材和道具等投入。这些就需要组织有专业的环境知识和相关项目策划和管理经验,也要有比较充足的资金支持。在广州,目前专业的社区环保力量还是在政府的各个部门,例如环保局、环境科学学会等,缺少非盈利的志愿团体参与,所以发动面相当狭窄,而这种模式在广州举行的次数不多,完全取决于政府部门的支持与投入程度。再者,学校对这些环保项目的态度,也不尽相同。如上面参加活动的那4间学校,学校对环境教育都是相当重视,但如果缺乏学校的积极配合,这些项目就很难成规模而达到群体教育的目的。

## 3 结论

综上所述,笔者认为环境教育的要素包括课堂教学、社区课外活动、家庭教育、生态环境和媒体宣传等。由于环境教育具有跨学科性和社会公益性的特点,因此环境教育的模式应当从教师-学生的线性关系扩展到多方参与的平面式互动关系,充分调动环境教育的要素。基于这种分析框架,广州市现存的四种环境教育模式,有着各自的优势和劣势。因此,或者可以尝试将这4种模式互相补充和混合,以达到最好的效果,笔者暂称为“综合教育模式”,本模式以构建“生态学校”为基础,让学生重归自然,因为生态学校的形成,离不开学校校长和领导倡导、教师积极支持、学生实质性的参与、家长的积极配合。因此,生态学校模式充分调动了学校、家长和学生三方的积极性,把课堂教学、课外活动、家庭教育和生态环境四个重要的环境教育要素结合在一起,把环境

教育置于多方参与的平面中心。然后结合“实践－交互－参与”模式,让学生通过项目研究的方式在自然中学习,通过项目实践,更有利于达到环境教育的情感、态度和价值观目标,也锻炼了学生分析、解决实际问题的能力,培养他们的团队合作精神和信息分享能力。再有,通过交互,达到教授双方及时的反馈和交流,也让不同组别的学生信息达到了最大限度的共享。交互和共享让学生接触到广泛、及时的信息。最后以“渗透式”教育模式为基础,因为渗透式的环境教育,充分调动了课堂教育这个因素,让环境教育正规化、系统化、可评估、可行性十分高。在日常的教学中渗透环境知识,使教师在开展项目研究活动的时候能减少知识传授的时间,一方面有利于解放教师的工作压力,另一方面有利于保证项目研究学习开展的质量。最后尽量争取政府部门的参与和支持,让更多的政府组织或者社区组织参与到环境教育中,通过环境实践和社区服务,增强学生的社会责任感,又获取了相关的环境知识。随着人类对自

身与环境关系认识的不断深化,在现有的环境教育模式上,进行不断更新,改进,才能够使教育真正从根本上改善我们居住的环境。

#### 4 参考文献

- [1] 潘建标. “卢卡斯模式”与我国科学课程环境教育内容的构建[J]. 课程改革研究, 2005(2): 4-5.
- [2] 赵锐, 师建民. 参与式方法在环境意识教育中的实践[J]. 林业与社会, 2004(3): 42-45.
- [3] 张文慧, 安方明. 构建环境教育的多种模式——香港的生态学校和自然教育中心[J]. 美中教育评论, 2005(5): 71-73.
- [4] 钟业喜. 基于网络的环境教育模式研究[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2005(4): 99-101.
- [5] 元殿强. 小学环境教育的实践与思考[J]. 教育发展研究, 2002(7): 111-114.
- [6] 彭新波. 学生环境意识的教育及心理分析[J]. 湘潭师范学院学报(社会科学版), 2003(3): 122-124.
- [7] 西田真哉. 生态学校的建立(生态观察活动)[C]. 中日韩生态学校交流会, 2010.

### Discussion on Environmental Education Patterns in Guangzhou Primary School

*Ou Baohua*

**Abstract** Four patterns of environmental education in Guangzhou primary school were discussed, including "Immersion pattern", "Practice-interactive-participation pattern", "Eco-school pattern" and "Combination of community service pattern". These patterns were analyzed on the aspects of the situation and problems of environmental education in primary school, factors motivation, characteristics and environmental object. For the best results, one or more patterns should be followed in practice according to the situation and students' interest.

**Key words** primary school environmental education pattern discussion

++++  
(上接第 7 页)

### The Information System Formation and Management Former for Dongtaihu Lake Environment

*Jiao Feng Huang Long*

**Abstract** The Dongtaihu lake with the functions of drinking water source, channel, cultivation, and flood way, has been inhibited due to water quality deterioration, disordered cultivation, occupation, and swamping. An integral management former has been formatted for the Donghu lake by the integralization of computer, GIS, and water quality model.

**Key words** water environment management former information system

# 基于 Excel 和 Matlab 在环境质量评价聚类分析中的应用

韩 波 全玉山 韩 坤

(北海市环境监测中心站, 北海 536000)

**摘 要** 环境质量评价的聚类分析涉及复杂的矩阵运算和评价结果图绘制。本文利用 Excel 软件和 Matlab 软件的中间件 Matlab Excel link 提供的聚类分析功能,通过简单的编程,在 Excel 软件中调用 Matlab 软件强大的数据分析功能,实现在大家熟悉的办公软件中进行聚类分析,并应用于环境质量评价。

**关键词** Excel Matlab 环境质量评价 聚类分析

在环境质量评价中经常需要对所研究的区域进行环境质量区划,以便进行分类指导。近年来,聚类分析在环境质量评价中应用十分广泛<sup>[1]</sup>,在这些研究应用中往往会遇到大量复杂的矩阵计算,处理数据多且容易出错。过去一般采用 SAS、SPSS 软件等进行聚类分析,但是这些软件对于许多技术人员来说不很熟悉。Microsoft Excel 是一个应用广泛的电子表格软件,它不仅仅局限在表格计算领域,而且在科学计算和统计领域同样有着广泛的应用。特别是 MathWorks 公司开发的 Matlab Excel link 问世以后,使得 Microsoft Excel 在表格处理、科学计算和工程设计中营造了一个更加完美统一的工作环境<sup>[2]</sup>;不仅具备 Excel 的全部功能,而且还具备 Matlab 的数据运算能力和灵活自如的数据可视化能力。这里以文献[3]中的一个例子,介绍聚类分析算法的应用过程,并在 Microsoft Excel 环境下通过 Excel link 函数将 Matlab 语言与 VBA 宏的结合,实现了聚类分析在环境质量评价中的应用。

## 1 聚类分析算法的基本原理和主要步骤

聚类分析是对一群不知道类别的观察对象按照彼此相似程度进行分类,达到“物以类聚”的目的。聚类分析既可以对样品进行聚类,也可以对变量(指标)进行聚类。从几何角度讲,聚类分析就是根据某种准则将空间中某些比较接近的点归为一类,而点之间的接近程度常用相似系数和距离两种量来表示<sup>[4]</sup>。Matlab 中聚类函数中主要是采用距离进行聚类,下面介绍一些常用度量样本点之间距离的方法。

设有  $n$  个样本  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 每个样本有  $p$  个指标  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ , 第  $i$  个样本的观测值为  $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jp})$ ,  $x_i$  与  $x_j$  之间的距离记为  $d_{ij}$ , 则常见的距离有如下:

### 1) 海明距离

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| \quad (1)$$

### 2) 欧几里德距离

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

### 3) 明科夫斯基距离

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^m \right]^{1/m} \quad (3)$$

其中  $m \geq 1$ , 对应于  $m=1, 2$  就可得到不同的距离度量。

## 1.1 聚类分析的主要步骤

1) 首先对数据进行标准化处理,消除量纲差别,使指标之间具有可比性;

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

由此得到标准化的数据矩阵  $x_{m \times p}$ 。其中每一行表示一个样本的各项指标,每一列表示一项指标在各样本中的标准数据值。

2) 计算不同变量之间距离  $d_{ij}$ , 可以根据需要选用前面介绍的不同计算方法,并形成距离矩阵  $D$ , 该矩阵是实对称矩阵,其主对角线元素为零。

3) 根据需要选用不同的逐步归类方法进行聚

类，主要方法有最短距离法、最长距离法和重心法等。这些方法的基本思想是一样的，所不同的只是计算类间距离时选择的距离公式不同。

1.2 系统聚类方法基本思路的计算流程

- 1) 将  $n$  个样本分为  $n$  类,每类一个样本。
- 2) 选择样本点间距离的计算方法,如欧几里德距离或海明距离。
- 3) 选择类与类之间距离的计算方法，最短距离、最长距离或重心距离。
- 4) 选择距离最小的两类合并为一个新类,原来  $n$  类减少到  $n-1$  类。
- 5) 重复,直到合并为一大类为止。
- 6) 划分分类图,并作出分析。

2 聚类分析算法的 Excel VBA 程序设计

要完成上述的计算内容，且使计算程序具有通用性(与样本数和变量大小无关),程序设计是关键。这里的程序设计采用 VBA 宏语言编写,因为这种方法比在 Excel 电子表格内编程灵活，而且程序能得到有效的保护。有关 Excel link 函数和 Matlab 中聚类分析的主要函数详见有关文献,在此不再论述。

程序设计首先在 Excel 工具菜单中打开 Visual Baics 编辑器，然后在 VBE 属性窗口中插入一个模块,在模块代码窗口内输入下面代码：

```
Sub 聚类()  
Dim rr, cc As Single  
Dim t As Single  
Dim adata, n, p As Object  
Sheets("Sheet1").Select  
' 获取数据区域行数和列数  
rr = Range("A1").CurrentRegion.Rows.Count  
cc = Range("A1").CurrentRegion.Columns.Count  
t = 64 + cc  
' 定义数据区域对象  
Set adata = Sheet1.Range("B2:" & Chr(t) & rr & """)  
Set p = Sheet1.Range("B1:" & Chr(t) & 1 & """)  
Set n = Sheet1.Range("A2:" & Chr(65) & rr & """)  
' 将数据区域对象送到 matlab 工作区  
mlevastring "clear"  
Mlputmatrix "data", adata  
Mlputmatrix "n", n
```

```
Mlputmatrix "p", p  
' 清除 "sheet2" 表的内容  
Sheets("sheet2").Select  
Cells.Select  
Selection.ClearContents  
mlevastring "[n1,m]=size(data);st=std(data);xx=da-  
ta./st(ones(n1,1),:)"  
mlevastring "xx=data./st(ones(n1,1),:)" ' 标准化变换  
mlevastring "x7=pdist(xx);l=squareform(x7)" ' 计  
算各样本间距离  
' 进行聚类、计算距离拟合系数、画聚类冰柱图、  
将全部样本分为 3 类  
mlevastring "x8=linkage (x7);c=cophenet(x8,x7);  
[H,T]=dendrogram(x8)"  
mlevastring "TT=cluster(x8,'maxclust',3)"  
' 输出结果到 "sheet2" 中  
Sheets("sheet2").Range("A1:D1") = Array(" 样本  
分类编号 ", " 样本号 ", " 分类结果相关系数 ", " 样  
本的距离信息 ")  
mlgetmatrix "n", "B2"  
mlgetmatrix "c", "C2"  
mlgetmatrix "l","D2"  
mlgetmatrix "TT", "A2"  
MATLABRequest  
End Sub
```

3 应用实例

现以文献[3]的数据为例,选取了 7 条河流中 6 个主要污染因子，即 COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、氨氮、挥发酚、石油类进行聚类分析,见表 1。

表 1 某地 2003 年 7 条河流主要污染因子

样本号	河流	COD	BOD	非离子氨	氨氮	挥发酚	石油类
1	港河	3.14	8.41	23.78	25.79	4.17	6.47
2	二千河	5.47	9.57	26.48	23.79	6.42	6.58
3	东横河	3.1	4.32	21.2	22.48	5.34	6.54
4	横套河	5.67	9.54	10.23	20.87	4.20	6.80
5	四千河	6.81	9.05	16.18	24.56	5.20	5.45
6	华妙河	6.21	7.08	21.05	31.56	6.15	8.21
7	盐铁河	4.87	8.97	26.54	34.56	5.58	8.07

图 1、图 2、图 3 为相关的电脑屏幕截图：



图 1 河流污染数据



图 2 聚类分析结果

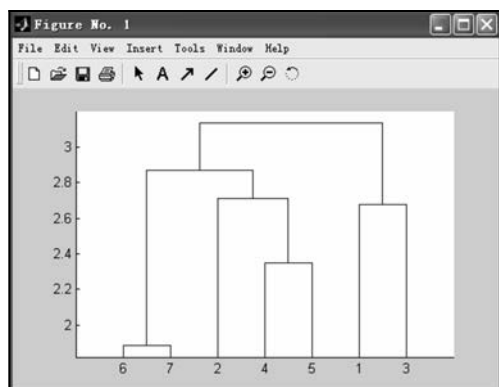


图 3 7 个样本的聚类冰柱

图 1 中“sheet1”是表 1 的 7 条河流污染监测原始数据的输入表。图 2 中“sheet2”为计算结果输出表。

其程序步骤如下：

- 1) 打开已建好的上述程序的 Excel 软件；
- 2) 按图 1 输入污染数据；
- 3) 在《工具栏》菜单上选择列表《聚类分析》按钮。

进行了上述 3 个步骤操作后，计算结果见图 2 和图 3。

从图 2 和图 3 可以看出，在距离系数为 2.8 的水平上，将 7 条河流分成三类，第一类是 6 号、7 号；第二类是 1 号、3 号；第三类是 2 号、4 号、5 号，在距离系数为 2.7 水平上第三类的 3 个样本又可以分为二类，即第一类是 4 号、5 号；2 号单独为一类，由图 2 样本间距离系数所作的聚类群图的有关量如表 2。

表 2 聚类冰柱图样本连结距离系数

连结的样本号	距离系数
6 号、7 号	1.883
4 号、5 号	2.351
1 号、3 号	2.675
2 号、4 号、5 号	2.713
6 号、7 号、2 号、4 号、5 号	2.866
1 号、3 号、6 号、7 号、2 号、4 号、5 号	3.136

根据表 2 可以作出样本的聚类分析图，见图 3。上述实例计算结果与文献[3]中的结果完全相同。若将全部样本分为三类：7 条河流中，二干河、横套河、四干河属于一类，污染较重，从表 1 原始数据看，主要是 COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub> 超标多；华妙河、盐铁塘属于一类，污染一般，主要是氨氮、石油类超标，港河、东横河属于一类，污染较轻，总的来说各河流都存在不同程度的污染。从聚类距离信息之间拟合程度来看，聚类的拟合程度  $R=0.6476$ ，说明上面聚类分析结果可信。

## 4 结语

1) 聚类分析涉及到大量数据（样本和变量），由于程序用了 Matlab 聚类函数，使得 VBA 代码简捷、可读性强处理聚类数据快速。

2) 对于常见的统计图形显示，Excel 的显示质量很高，但是，对于一些较复杂的图形处理方面能力较差，使其在一些专业领域的应用受到限制。所以能借助 Matlab 的图形显示功能来完成。

3) 使用 Excel link 函数把 Matlab 运算得到的结果返回到 Excel 中，还可以进行数据的输出与打印等。

4) 使用 VBA 编程环境，不仅优于在 Excel 表格中“填埋公式”编程要方便、灵活，而且还可以开发更为复杂的数据处理与图形显示的计算程序。



5) 环境质量评价多变量的聚类分析计算过程繁琐,这里仅以 Excel 作为开发平台,通过 VBA 和 Matlab 开发语言,实现了算法的简化,可以直接在 Excel 环境下实现环境质量评价的聚类分析的数据计算和图表制作,为其它更为复杂的环境质量方法的程序开发揭示了广阔的前景。

## 5 参考文献

[1] 吕晋,邬红娟,林济东,等. 主成份及聚类分析在水质生态

系统区划中的应用 [J]. 武汉大学学报: 理工版,2005,51(4):461-466.

[2] 苏金明,刘宏,刘波. Matlab 高级编程[M]. 北京:电子工业出版社,2005:234-242.

[3] 程毛林. Matlab 软件在多元统计分析中的应用[J]. 数理统计与管理,2008,27(2):279-284.

[4] 宋新山,邓伟,张琳. Matlab 在环境科学中的应用[M]. 北京:化学工业出版社,2008:180-181.

# Application of Excel and Matlab-based Cluster Analysis in Environmental Quality Assessment

Han Bo Quan Yushan Han Kun

**Abstract** Cluster analysis was applied in environmental quality assessment, including complex matrix and mapping evaluation results. Based on link with Matlab Excel, the cluster analysis software was applied in environmental quality assessment.

**Key words** Excel Matlab environmental quality assessment cluster analysis

## 支持绿色亚运,了解环境监测

2010 年 10 月 23 日上午,广州市环境监测中心站面向市民举办了环境监测开放日活动。优先报名的 56 位广州市民成为开放日的嘉宾。

此次环境监测开放日活动全面展示了广州环境监测事业发展成果及近年广州市环保工作取得的巨大成就。此次开放日通过参观、讲解与互动,让市民零距离接触到“高精尖”仪器设备,了解到环境监测与日常生活息息相关,也了解到广州环境监测机构的技术实力。通过广州市空气、水自动监测系统的演示,广大市民了解到广州空气自动监测目前布设 18 个监测站点,包括国控点位 10 个,为保障亚运场馆空气质量的实时监控,分别在广州市的东南西北中新增亚运场馆监控点位 8 个,覆盖了亚组委要求监控的 25 个场馆。既可全面反映广州市各个区域空气质量的变化情况,又能重点突出的掌握所有亚运比赛场馆周边空气质量的情况。广州饮用水源地水质安全也是广大市民都非常关心的话题,目前有 8 个水质监测站点,实行 24 h 连续监控,覆盖了广州的主要饮用水源流域。

通过观看污染源在线监控系统得知,目前广州市环境保

护部门通过该系统 24 h 全天候实时监控遍布在广州市不同区域的国控及部分省控废水、废气重点工业企业以及大型污水处理设施的排污状况,并实时传输数据。

广州市环境监测中心站目前可承担 332 项环境要素的监测,同时具备水、气、声的自动监测能力,配备了多种移动监测设备,各类仪器设备及监测能力达到了国内先进水平。依靠严谨的质量管理和先进的监测手段,广州市环境监测中心站每年为环境保护出具环境质量、污染源、突发性环境事件和重大环境问题等各类监测数据,同时为环境管理提供了强有力的技术支撑。

近两个小时形式多样,内容丰富的开放日活动,受到了参观市民的普遍好评,纷纷表示通过参加此次开放日活动,进一步了解环境监测工作,体味到环境监测工作的艰辛。参观市民发现了为广州市环境质量持续好转默默工作的幕后英雄,发出内心感动。激发了自觉参与到环境保护、保障亚运环境质量的热情,希望长期保留开放日平台,为环境监测与社会各界搭建彼此沟通桥梁。

(广州市环境监测中心站)

## 《广州环境科学》征稿启事

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

### 1 本刊欢迎下列来稿

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

2) 有关国内外环境科学的发展动态、综述、专论等。

### 2 本刊主要栏目

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

### 3 稿件要求和注意事项

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

2) 文稿请发送电子文件(5号字体、word格式)或提供A4纸打印件。

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

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

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

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

#### ① 专著

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

#### ② 专著中的析出文献

析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志].析出文献其他责任者//专著主要责任者.专著题名:其他题

名信息.版本项.出版地:出版者,出版年:析出文献的页码[引用日期].获取和访问路径。

#### ③ 连续出版物

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

#### ④ 连续出版物中的析出文献

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

#### ⑤ 专利文献

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

#### ⑥ 电子文献

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

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

### 4 稿件处理

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

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

### 5 稿件投寄

欢迎全国各地从事环境保护工作的专家、学者、科技人员、管理人员和大专院校师生赐稿。来稿请注明作者真实姓名、通信地址、电话、邮编、电子邮箱地址。来稿请寄:广州市广卫路2号之一广卫商务大厦1708室《广州环境科学》编辑部(邮编:510030),电子文件发至我编辑部电子邮箱:gzjhkx@126.com

电话:(020)83355374

传真:(020)83358372

## CONTENTS

Improvement of Guangzhou Water Environment Emergency Monitoring by the Integration of Multiple New Techniques .....	<i>He Kunzhi, Zhong Huaen, Su Xie</i> (1)
The Information System Formation and Management Former for Dongtaihu Lake Environment .....	<i>Jiao Feng, Huang Long</i> (4)
Determination of Malathion in Cultural Water by GC After Purification with GPC .....	<i>Wan Libing, Wang Yao, Xie Cuimei, et al</i> (8)
The Rating Index of Hidden Environmental Threat for Metallurgy and Mining Industry .....	<i>Liao Yan, Lan ZhuHong</i> (12)
Treatment of Landfill Leachate with Aluminum Sulfate .....	<i>Zhang Tao, Ren Zhao, Liu Zhifeng</i> (16)
Application of Double-membrane In Dyeing Wastewater Treatment .....	<i>Lin Wenzhou, Zhao Juanjuan</i> (19)
The Distribution and Damage of Mikania Micrantha H.B.K. in Guangzhou .....	<i>Liao Qingqiang, Yao Suying, Liang Zhixin</i> (23)
Community Characteristics and Species Diversity of Soil Protozoa in Chenggu Tea Garden .....	<i>Zheng Lizhu, Wang Nina, Liu Zhifeng</i> (28)
The Efficiency Improvement and Safety Management Measures for Electro Dust Trap .....	<i>Tang Chongjie</i> (32)
Discussion on Environmental Education Patterns in Guangzhou Primary School .....	<i>Ou Baohua</i> (36)
Application of Excel and Matlab-based Cluster Analysis in Environmental Quality Assessment .....	<i>Han Bo, Quan Yushan, Han Kun</i> (40)