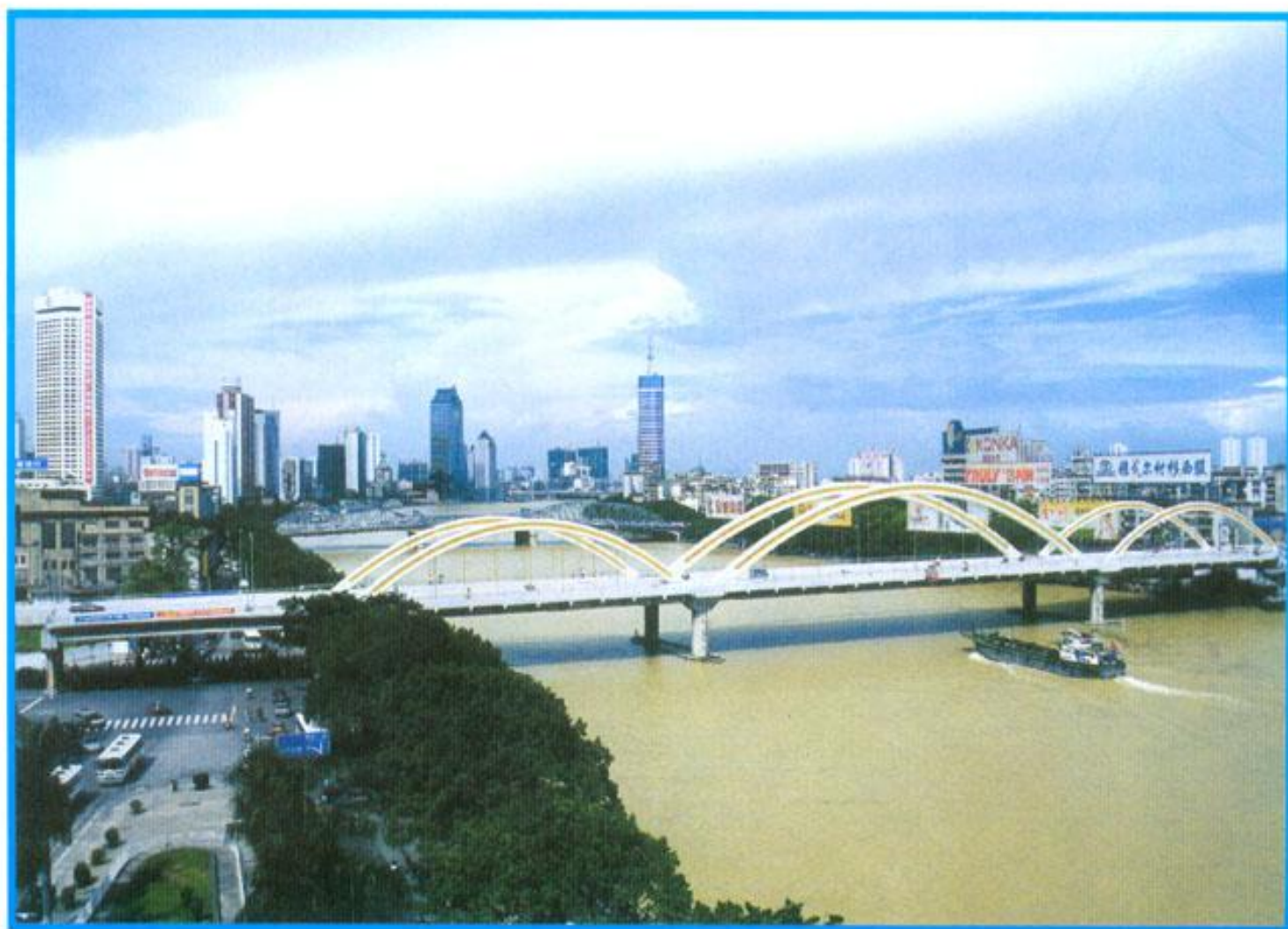


广州环境科学

GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

第 15 卷 第 2 期

VOL.15 NO.2



2000

广州市环境科学学会 主办
广州 中药一厂 协办

目 次

管 理 论 坛	机动车污染排放全过程控制 冯 滨等(1) 关于广州市私营企业环境管理问题的探讨 黎明浩等(5)
综 述	印染废水处理技术研究进展 刘志伟(8) 给水处理研究现状 简放陵等(12)
研 究 报 告	广州市 SO ₂ 污染控制措施费用 - 效果分析 范常忠等(17) 嘉兴市污水海洋处置工程近区稀释扩散物理模型和数学模型研究 徐高田等(20)
环 境 工 程	废水处理中磁分离技术的发展趋势 韦朝海等(25) 湿式氧化法污水处理技术的进展 梁倩文等(29)
环 境 监 测	中美土壤中重金属原子吸收测定方法的差异 陈燕萍(32)
调 查 研 究	广佛公路机动车排放有机污染物监测与研究 叶兆贤等(36)
读 者 园 地	浅谈流溪河白云区段水环境现状与保护 梁 劲(40) 东山区小型饮食业大气污染及其防治对策 李向红(42) SPSS 软件在环境保护上的应用 李明顺(45)
国 外 动 态	广州市环境科学学会举办成立 20 周年纪念活动(16) 新世纪将面临六种环境风险 (24) UNEP 向全世界敲起警钟(35) 高效植物除氮碱新技术(39) 垃圾制液化燃料 新技术(39) 日本绿色资金制度(48) 不排水的厕所(48)
封 面 摄 影	一年一小变中的广州——珠江新貌 蔡伟斌

机动车污染排放全过程控制*

冯滨 莫秀贞 陆小安 董天明
(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

摘 要 提出在国家层次上对机动车污染排放必须实施全过程和全方位的控制, 明确了全过程控制各个环节的管理机构和技术执行机构, 重点推荐了车用燃料质量、机动车排污检测数据信息系统和缺陷与不符合车辆的回收等三个当前应迅速建立的管理体系框架, 可为实现机动车排污控制与国际接轨奠定基础。

关键词 机动车 污染物排放 全过程控制 管理机构 信息系统

1 前言

随着机动车保有量的增长, 机动车排放已成为影响我国城市环境空气质量的主要流动污染源^[1]。与国外发达国家相比, 中国机动车污染控制处于起步阶段, 尚未制定完善、有效的机动车排放管理体系。对机动车排气污染进行有效的控制和系统的治理已成为我国环保事业中一项刻不容缓的任务。

2 机动车污染排放全过程控制

机动车排放污染控制是一项庞大的、复杂的系统工程, 必须实施从车辆的设计、生产、销售、使用、修理、维护直至报废的全过程控制, 和实施排污控制技术、燃料质量控制和清洁燃料的使用、车辆正确维护保养以及交通管理等全方位综合控制。与国际接轨、符合中国国情的排放标准和管理实施法规是机动车污染排放控制管理的依据, 职能、责任、权力划分明确的技术执行机构是机动车污染排放控制管理的保障。项目研究通过费用效益分析^[2], 得出结论: 实施以发动机维修更新为技术措施的新车控制方案, 对 CO、HC 污染排放具有一定的削减作用, 但对 NO_x 的控制作用则是不显著的, 只有实施以电喷加三元催化净化装置为技术措施的控制方案, 才是对 NO_x 最为有效的控制方法。

制方案, 才是对 NO_x 最为有效的控制方法。

中国机动车排放污染全过程控制可划分为新车源头控制、中间销售环节控制与在用车辆末端控制三大环节。环境保护部门是对机动车排放污染实施总体控制的统一监督管理机构。

2.1 新车源头控制

新车源头污染排放控制又分为投产前、生产过程中和出厂时三个环节。各个环节的管理推荐体系如下:

①管理机构, 作为国家环保局流动源管理办公室。

②技术监督检验机构, 作为经国家环保局流动源办公室资格认证的机动车排放试验站, 如国家环保总局广州市机动车排污监控中心。

③管理保障制度, 有国家环保局及其授权的地方环境保护主管部门通过监督检验机构资格认证制度、生产许可证制度、出厂排放合格证制度、排放性能保修制度、经济干预手段、处罚制度等措施, 确保低污染、低排放的环保车型才可以投入生产, 进入市场。

2.2 中间销售环节控制

地方环保行政主管部门通过商品监督实施法监督出厂汽车及其发动机产品质量, 确

保汽车及其发动机产品满足国家排放标准方可投入使用。

凡组织销售机动车的单位和个人,必须向当地环境保护主管部门申报销售车型,提供产品的出厂排放检测合格证。在目录之列并具有机动车排放检测合格证的方可销售。

2.3 在用车末端控制

①管理机构

在用机动车排放污染控制管理机构体系应建成为一个以各地政府为核心、环境保护部门为主体、有关职能管理部门相辅、并以机动车排污监督检测为手段的有机综合整体。

②技术执行机构

经地方环保部门资格认证的独立经营、自负盈亏的机动车排放维修站、机动车排放检测站可成为对在用机动车污染排放进行定期维护、维修和检测的技术执行部门。

③全方位控制

对在用机动车污染排放的控制,不仅要实施对车辆的定期维护和保养,还必须实施对车用燃油质量的监督控制,对污染严重老旧车辆的强制淘汰。

3 污染排放全过程控制有关问题探讨

3.1 车用燃料质量

控制油品品质是保证严格排放标准实施的必要和先决条件。

①铅含量的控制

采用闭环电控燃油喷射系统和三元催化转化器的前提条件是汽车必须使用低铅、无铅汽油,因为铅会使闭环控制系统中的氧传感器中毒损坏,还会使三元催化转化器中的金属触媒中毒失效。

同济大学汽车动力实验室,选用市售有代表性的90号无铅及有铅汽油,用普通桑塔纳(化油器)发动机进行台架测试。试验结果表明,使用无铅汽油,能明显降低尾气中CO、HC的排放,颗粒物的量及所吸附的有机物种类也明显减少^[3]。

广州、北京、上海等城市于1997年开始,逐步实施了汽油无铅化。建议2000年内在全国范围内实现汽油无铅化。

②烯烃含量的控制

烯烃对汽车影响主要是由于热不稳定性,容易形成胶质,造成沉积并严重影响汽车排放。而且烯烃挥发性强、蒸发进入大气后,会加速对流层臭氧的生成,形成光化学烟雾。

美国的车/油研究计划表明,当汽油中的稀烃含量从20%下降到5%时,汽车排放的NO_x可下降6%~7%,同时可以使1.3-丁二稀的排放下降30%,使城市潜在的臭氧形成减少20%~30%。欧洲的车/油研究计划表明,当稀烃含量从10%下降到5%时,会使HC的蒸发降低2%,NO_x的排放减低2%~10%,同时可以使1.3-丁二稀的排放下降10%~20%。欧共体实施2号排放法规时,规定汽油中的稀烃含量不超过20%。

我国现行汽油标准中,稀烃并非是要求检测的项目,石化部门认为符合烯烃含量小于35%的汽油仅占目前总汽油产量的10%。为此,国家环保总局新颁布的《车用汽油有害物质控制标准》中规定,对烯烃的控制分阶段进行,突出控制重点:2000年7月1日起,北京市、上海市和广州市销售的车用汽油率先执行烯烃控制指标;2003年7月1日起,全国各地开始实施对烯烃的控制。因此,北京、广州和上海等城市如果要执行严于国家标准的地方排放标准,高质量油品的生产是必要的先决条件。否则,油品质量问题将成为机动车污染排放控制进程中的瓶颈。

③市场燃料质量控制

汽车燃料控制措施不仅建立在燃料标准上,而且还应建立在市场的质量控制上。燃料质量控制体系应该包括:尽快建立中国汽车燃料环境保护质量标准;建立汽车燃料质量测试规范;建立汽车燃料质量定期和随机抽样检查制度;建立汽车燃料质量监督检验机构。

3.2 机动车排污检测数据信息管理系统

随着机动车污染排放治理规模的扩大,各城市已获取了大量的监测数据,如何有效利用数据,充分发挥环境监测为环境管理服务的作用已成为一个亟待解决的问题。为此,有必要建立一个以各地环境保护主管部门为中心,各检测站、维修站为网点的机动车排污监测数据信息管理系统。

3.2.1 数据库形成的基础

①统一的车型划分

国家环保总局和公安部车辆管理部门应对车型的划分进行协调统一。在统一的车型划分基础上,各城市和各部门的数据才具有可比性。

②全面、完善的原始记录

原始记录应包括车牌号码,排放检测数据等,还应该对车辆所属单位、车型、发动机型号、行驶里程或行驶时间、载重量、最后一次维修保养日期、是否采用净化器和净化器安装时间等基本项目作详细记录。

3.2.2 数据的综合分析

①各类型车辆的超标率、合格率、浓度分布状况;

②污染排放浓度与车辆使用年限、行驶里程相关性分析;

③污染排放浓度与发动机型号、车辆制造厂的相关性分析;

④污染排放浓度与维修保养周期、维修状况的相关性分析;

④污染排放浓度与净化产品使用状况相关性分析;

⑤各种控制措施实施后污染排放削减量的计算;

⑥控制措施实施后的环境经济效益评价。

3.2.3 数据的利用

在数据综合分析的基础上,充分发挥环境监测为环境管理决策服务的作用,如:

①最优控制方案的选取;

②车辆寿命周期的研究及淘汰制度的制定;

③对机动车制造商产品质量的监督管理;

④制定维修保养周期、进行维修质量的考核。

⑤对净化产品净化率稳定性的考核;

⑥淘汰排污严重车辆。

3.2.4 数据的报送制度

①检测站每月须按时向当地环境保护部门报送检测数据。

②各地环保部门将数据分析结果每半年或一年向当地政府部门及国家环保局报送。

3.3 缺陷与不符车辆回收制度

美国于 60 年代末对在用车建立故障车回收制度,监督在用车在正常使用条件下与排放性能有关部件的耐久性^[4]。缺陷车回收制度一方面可以保证用户信赖经型式认证的车型的行驶安全性和污染排放达标,另一方面可以促进制造厂不断加强企业生产质量保证体系的建设,严格把住设计、制造的各个环节,尽可能避免车辆在使用中出现缺陷与不符。我国由于机动车制造业起步较晚,对机动车排放的耐久性要求也刚开始,所以现阶段尚未对机动车生产部门实施排放缺陷与不符车辆的回收管理。

3.3.1 排放缺陷与不符车辆的技术鉴定和仲裁

所谓缺陷,是指按照制造厂的规定,正常使用、维修和保养的情况下,由于设计和制造的原因,在耐用期限内,机动车尾气污染物排放超过国家标准的在用车辆;或丧失净化效率的机动车污染排放控制装置。所谓不符,是指由于设计或制造原因,机动车总成及部件不符合机动车技术法规要求,造成机动车污染排放超过国家标准。

检测部门在机动车辆定期检测(年检)和不定期检测(路检和抽检)过程中,维修保养部门在机动车辆维修保养过程中,环保部门在机动车辆污染排放不定期抽查过程中,

机动车辆使用者在机动车辆正常使用、维修保养过程中发现缺陷与不符车辆后，均需向当地环保部门报告。地方环境保护部门将该车（型）的有关资料和简单检测数据及时上报国家环保局流动源管理办公室和机动车制造行业管理部门，由国家环保局流动源管理办公室组织技术鉴定和仲裁。

3.3.3 排放缺陷与不符车辆的技术鉴定和仲裁

客观判别机动车尾气排放是否超标，正确识别耐用期限内机动车尾气排放超标责任。若用户正常使用和维修保养，则生产厂家负责；若用户人为改变或损坏机动车性能，则责任自负。

①技术鉴定机构是国家环保局机动车排污监控中心。

②技术仲裁机构是专家组。

③鉴定程序：国家环保局流动源管理办公室根据地方环境保护部门上报的资料，组织调查小组，收集资料，如果发现报告中车型在各种污染排放检测中，其污染排放不及格率大大高于其它车型，国家环保局应对该车型的样品车或部件车进行不少于3辆的污染物排放工况法测试；若各污染物测试结果平均值超标，则确认排放缺陷与不符；若生产厂家或用户不服，则可申请技术仲裁。

3.3.2 排放缺陷车辆回收方式

①国家环保局和机动车制造业主管部门确定了排放缺陷车型后，通过新闻媒介公布调查报告和有关测试结果，监督生产厂家承

担责任，责令生产厂家提出解决办法和改进措施。

②对于缺陷与不符机动车辆，生产厂家必须免费替换、维修、更换部件，或者退款或批收回该类型机动车辆，并立即停止生产和销售该类型机动车辆，直至提出确切改进保障措施止。

3.4 机动车辆耐用期限

我国对机动车排放的耐久性测试尚处于起步阶段。为使机动车制造行业有一个适应期，所以我们对机动车的污染排放质量保证期限提出了分阶段的控制目标，见表1。

表1 机动车的污染排放质量保证期的分阶段控制目标

阶段	质量保证期		
	汽车 (km)	摩托车 (km)	机动车排放控制装置(年)
2000~2005年	50000	8000	1
2005~2010年	80000	10000	2
2010~2015年	100000	15000	

4 参考文献

- [1] 陈长虹等. 上海机动车排气污染负荷的估算. 上海环境科学, 1997; 16(6): 26~29
- [2] 中国环境科学中心等. 中国机动车排放污染控制技术对策研究. 国家环保局世行技术研究项目(B-9-3-3)
- [3] 袁盈等. 汽车污染物排放特性研究. 第七届全国大气环境学术会议论文集. 中国环境科学学会大气环境分会, 1998
- [4] 孙惠. 美日缺陷车辆回收制度简介. 汽车法规与认证, 1995; (3): 21~23
- [5] CONCAWE. Motor Vehicle Emission Regulation and Fuel Specifications in Europe and the United States, 1995 update

The Total Process Control of Automobile Pollution Discharge

Feng Bin Mo Xiuzhen Lu Xiaolan Wang Yujun Dong Tianmin Chen Yang

Abstract: This is the first time to describe the total process control (TPC) and total direction control (TDC) of automobile pollution discharge at the level of country. It identifies also the management and technical executive structures in different links of TPC and recommends 3 management structures i.e. vehicle fuel quality, data and information system of automobile pollution discharge measurement and recovery of the defect or improper vehicles, which should be built as soon as possible. That is the foundation for connecting with international management on the automobile discharge control.

Key words: total process control data management defect vehicle recovery

关于广州市私营企业环境管理问题的探讨

黎明浩 王靖文 甘雨

(广州市环境监理所, 广州 510180)

摘 要 通过对目前广州市私营企业环境管理状况的分析, 提出加强私营企业环境管理的具体办法及对策。

关键词 私营企业 环境管理 广州市

1 问题的提出

改革开放以来, 广州市的非公有制经济在广州市国民经济中占的比重越来越大。据不完全统计, 1998 年非公有制经济占国民生产总值约 30%。在环境保护方面国家所制定的一系列法律、法规和规章, 对国有企业和集体企业确实起到了明显的监督约束作用。但对私营企业环境监督管理显得力度不够。广州市私营企业的环境管理问题已显得越来越突出。为此, 政府部门一方面要鼓励扶持私营企业发展, 另一方面也必须要强化对私营企业的环境监督管理, 使国民经济中多种经济成份企业的发展与保护生态环境相适应, 真正使国民经济与环境保护协调发展。

2 私营企业的环境管理现状

一些小私营企业由于规模小、资金分散, 它们片面追求利润且法制观念薄弱、环保意识差, “经济效益优先, 环保能省就省” 是其一个明显的特点。因而目前它的环境管理状况比较混乱。

2.1 私营企业环境保护意识和法制观念薄弱

随着改革的深化, 私营企业的发展不但速度快、量大、面广, 而且变化多。个人对国有企业和集体企业的承包和租赁、从经营

贸易转向经营实业等, 使得私营企业多种多样, 层次亦各不相同。相当一部分经营者对环保实行环境影响评价和“三同时”制度不理睬, 甚至干脆“因小而不为”; 不设立环保部门和环保管理人员的情况在投资超过 1000 万元的企业中亦不乏存在; 没有健全的环境管理规章制度的就更普遍存在。私营企业环保意识薄弱及环保投入不足, 在推动经济发展的同时, 却拖了广州市整个环境保护工作的后腿。与可持续发展要求不相适应。

2.2 私营企业的环境管理存在不少漏洞

一部分私营企业为了创利尽可能减少污染治理的投入和费用。《征收排污费暂行办法》规定, 1979 年 9 月《中华人民共和国环境保护法(试行)》颁布后, 新建、扩建、改建的工程项目排放污染物超过标准的应当加倍收费。也就是说执行“三同时”的建设项目超标排污要加倍收费。从加倍收费的情况的对比, 私营企业比例较大的区属企业比国有企业为主的市属企业大一倍, 见表 1。

这些私营企业在环境影响评价之初就存在把项目的建设规模报小, 而节省环保投入。比如饮食企业, 以少报餐位数或以西餐快餐形式报建, 待验收后, 增加餐位经营或转营中餐。如此建成的企业经营起来势必超标排污。

表1 1998年广州市征收超标排污费情况

	排 污 单位数	加倍收费 额 (万元)	超标排污费 总额 (万元)	加倍收 费比例
市属以上企业	1600	1712.38	9843.65	17.4%
越秀区属企业	1100	214	601	35.6%
荔湾区属企业	1800	303	834	36.3%

某些私营企业为了创利,总是尽可能减少环保设施的运行和管理费用。有些干脆在治理设施内放一池清水,环境监理部门检查抽样时,就放池中的清水。

在缴纳超标排污费方面,私营企业逃避缴纳排污费的现象时有发生,以更换法人代表或更换企业名称,把拖欠累积的超标排污费轻易甩掉。环保部门很难通过法律手段追缴其拖欠的排污费。

2.3 环境监督管理机制未能有效形成,执法力度分散

目前环境行政主管部门实行分级管理,即分市级和区级进行日常的环境管理工作。两级环保部门的环境管理模式存在着一定的差异,环境监督管理没有形成垂直的统一领导和统一规范,往往出现条块分割,在责、权、利上的冲突,造成排污企业有机可乘。特别是现阶段私营企业迅速发展,国有企业与私营企业的相互渗透。使两级环保部门,特别是环境监理部门的管理出现交叉、重复的现象时有发生。从而降低政府部门的工作效率和环境监督管理的执法力度。

2.4 对私营企业的环境管理缺乏指导和服务

私营企业对环境保护知识了解甚少,而政府环保部门对私营企业在环保宣传、提供环保咨询服务等方面不够深入,又缺乏业务指导。私营企业没有得到可供选择的有效的环保服务,投资者的环保投入变得盲目和浪费,例如:私营企业按照环保部门的要求建成了污水气浮处理设施,并交纳了污水集中

处理建设费。污水应纳入城市污水处理厂集中处理,但因城市污水处理厂尚未建成投产,超标排污费还得由企业负担。这样,企业的经营成本增加了,环境污染问题仍未得到解决。

3 私营企业的环境管理对策

基于环境共享,私营企业以减少环保投入达到企业增效,却增加了整个社会环境污染的负担,同时增加了全社会和政府的负担。因而对国有企业来说就存在不公平竞争。目前国家大多数环保法律法规是在计划经济时期制定的,那么随着市场经济的不断发展与体制的建立,环保法律法规也必须适时修正。既要管国有企业,也要管私营企业。环境管理监督机制也必须作必要的改革。另一方面,政府也要加强城市规划和市政建设,发挥政府的社会服务职能,才能从法律法规和监督上引导他们,使他们得以健康发展。

3.1 建立与市场经济相适应的环境法律体系与环境监督机制

随着改革开放和市场经济的不断发展,原来分级管理的对象不断地发生变化,环保部门分级管理的模式已跟不上形势发展的要求。因此,笔者认为,通过政府机构改革,把环保行政主管部门由分级管理改革为统一垂直管理。一方面从行政执法角度,可以提高环保行政执法的工作效率;另一方面有利于城市的环境规划和总体规划管理,减少上下级环保部门扯皮、推诿等现象;也防止因地区保护主义而影响全市的环境规划,甚至影响全市的城市总体规划。

3.2 强化环保部门内部行政人员的监督管理,提高业务素质,统一环保行政行为规范

私营企业利用其灵活、独立的经营特点很容易通过业务联系与具体环保行政管理人员建立起个人关系,直接影响环保部门的依法行政。因此环保部门必须对行政人员加强

廉政建设教育,并定期考核、轮岗和监督。只有每个行政人员依法行政,严格根据环保法律法规对私营企业进行环境监督管理,才能堵住私营企业环境管理的漏洞。

3.3 加强环保宣传教育,提高私营企业环境意识和法制观念

环保部门既要通过电视、广播和报纸等传播媒介加强对私营企业的环保宣传教育工作,同时更要通过培训教育,提高私营企业经营者的环境意识,与国企一样,要走可持续发展之路。建议环保部门加强与私营企业协会的沟通,通过各种方法和途径直接对私营企业进行环保宣传培训,办班学习,提高环境意识,掌握基本环保法律法规知识和技术知识,把可持续发展纳入现代企业管理制度之中。

3.4 健全政府环保社会服务职能

由于政府环保部门缺乏对私营企业的引导,私营企业得不到有效的环保社会服务,它们对环保又不甚了解。要做好对每个私营企业的环境监督管理,环保部门必定付出很大的人力物力。为了提高政府环保部门的工作效率,避免环境管理出现头痛医头,脚痛医脚的现象,建议政府环保部门通过政府社会服务职能,进行统一环境规划,化整为零,合理布局,集中处理,正确引导私营企业的

投资经营和管理,从几个方面进行探讨:

(1) 做好区域环境质量评价,为环境规划和城市总体规划提供准确依据,对私营企业进行合理布局、全面规划。

(2) 加快城市污水处理厂和垃圾填埋场建设进程。建议通过环境影响评价,按污染负荷,征收建设项目的环境增容费,代替原来的污水集中处理建设费。这样将更合理使用环境资源,更有效地筹集资金,增设区域城市污水集中处理网点,真正启动城市污水集中处理系统,有效削减珠江日益增加的污染负荷。还可以把私营企业的环境工作化整为零,便于统一管理,减轻私营企业的负担。

(3) 推广环保科学高新技术,研制先进、高效、实用的污染治理技术设备,发挥每个环保投资单元的环境效益。

(4) 创造规范良好的环保产业市场环境。消除不公平竞争,减少行政干预,规范环保产业市场,减少私营企业环保投资的盲目性,提高环保投资效益。

4 参考文献

- [1] 王金南,排污收费理论学,中国环境科学出版社
- [2] 李硕等,环境保护工作全书,中国环境科学出版社
- [3] 张象枢等,环境经济学,中国环境科学出版社

Probing into the Environmental Management of Private Enterprises in Guangzhou

Li Minghao Wang Jingwen Gan Yu

Abstract By analyzing the environmental management of individual and private enterprises in Guangzhou, this paper lodges the specific countermeasures for improving the management of these enterprises.

Key words: private enterprises environmental management Guangzhou

印染废水处理技术研究的进展

刘志伟

(广州市白云区环境监测站, 广州 510405)

摘 要 总结了近年来印染废水处理技术的发展状况, 主要包括印染废水在物化法、化学法、生化法中最新的研究进展。

关键词 印染废水 水处理 物化法 生化法 化学法

印染废水是在纤维材料纺织成坯和浆纱、煮炼、退浆、漂白、丝光、印花、染色工艺过程中产生的废水, 废水中含有萘系物、醌系物、胺类化合物、硫化物、铬、碱、酸等有毒有害物质。我国每天印染废水排放量约为 250~300 万 t, 而经过处理的只占 30% 左右。近几年来随着合成纤维的大量使用, 聚乙烯醇等难生物降解化学浆料和新型助剂的广泛应用, 尤其是碱减量技术的运用, 废水的 COD_{Cr} 值由原来的 300~400mg/L 上升到 2000~3000mg/L, $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 也下降到 0.2 左右, 增加了此类废水处理难度, 传统的处理工艺已受到严重的挑战, 本文就近年来印染废水处理技术发展状况作了简要的评述。

1 物化法

印染废水的物化处理主要包括混凝法和吸附法。

1.1 混凝法

混凝法中混凝剂的研究开发为一大热点, 发展趋势为由低分子到高分子, 由单一型到复合型。无机混凝剂根据原料来源和需要, 研究利用固体废弃物或矿物开发出含 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 TiO^{2+} 的多离子复合型混凝剂, 利用其中各种金属离子的协同作用, 通过压缩双电层、吸

附电中和、沉淀网捕等作用外, 还有与染料分子活性基团络合、螯合反应, 脱除废水中的胶体颗粒和部分溶解性物质。

由煤矸石制备的聚合铝铁以及含水镁铝硅酸盐粘土的复合矿物, 利用矿物特有的晶体通道, 其脱色效果高于普通的无机混凝剂。有报导硼泥固体废弃物与含氯化铝酸性废液制成的含镁、铝、铁的混凝剂, 利用其活性固体组分与染料磺酸基团间的吸附沉淀反应, 以及与 $-\text{OH}$ 、 $-\text{NH}_2$ 的氢键作用, 使 COD_{Cr} 去除率达 67% 以上, 脱色率和 SS 均达 98% 以上^{[1][2]}。

有研究利用 H_2O_2 作氧化剂, 铁屑或亚铁盐为催化剂所产生的 $\cdot\text{H}$ 、 $\cdot\text{OH}$ 游离基的强氧化性脱色, 脱色效果为: 偶氮 (88.2%) > 金属络合物 (83.1%) > 蒽醌 (79.6%) > 酞菁 (21.6%)^[3]。

高分子有机絮凝剂一般为带有多种活性基团的水溶性高分子, 通过活性基团与染料的亲水基之间发生离子型的疏水反应, 生成不溶性内络物, 达到对染料的吸附去除。其中阴离子与阳离子型高分子有机絮凝剂适用最广, 而两性有机絮凝剂由于在同一高分子链节上带有阴、阳两种离子基团, 在酸性介质和碱性介质中均可适用, 可处理废水中带不同电荷的染料, 脱色率高。国内外不少研

究者一直在进行研究, W. Jaeger^[4]以聚丙烯腈为主链, 以二氰二胺在碱性条件下, 进行侧链改性制成的 PAN-DCD 的两性絮凝剂以及 Markromol^[5]用氯化羟胺改性的 PAN-DCD-HYA 型絮凝剂, 对含硫化、三嗪、嘧啶等活性染料以及中性染料、酸性染料具有良好的脱色和去除 COD 的双重功效。经检测法国开发的一种商用两性型脱色剂, 其对真溶性染料的脱色效果也很好, 但价格高昂。

操作简便, 投资少是物化法的主要优点, 但高的运行费用及大量物化污泥的处置则是其存在的问题。

1.2 吸附法

吸附法已广泛地运用于印染废水的深度脱色处理, 其吸附方式按其作用力可分为: 物理、化学、离子交换三种方式。

最常用的吸附剂是活性炭, 它对各种染料的吸附能力依次为: 碱性 > 酸性 > 直接 > 硫化染料。尤其对分子量在 400 左右的染料分子脱色效果最为理想。尽管活性炭具有优越的吸附性能, 但由于其价格较贵及再生困难仍然限制了其广泛的运用。

开发利用丰富、价廉、易再生的天然矿物质做吸附剂, 一直是国内外研究者研究的课题。以天然矿物特有的晶格置换面产生的静电吸附, 表面络合等专性吸附以及离子交换吸附的综合作用, 用于印染废水处理, 脱色率大于 90%。据报道的就有麦饭石对水溶性染料的吸附、活性白土对苯系偶氮染料的吸附、还有凹凸棒石、活化硅藻土、天然蒙脱土等吸附剂。价格低廉吸附容量大的煤渣、煤, 以及由劣质煤经加工和改性制成的活化煤、磺化煤, 由于其多孔隙结构, 且具有较大的比表面积和活性的特点, 尤其是利用其内部生长的微生物有自身氧化再生, 不产生污泥沉淀等优点, 被认为具有良好的应用前景^[6]。

利用纤维素对染料的离子交换吸附也是当今吸附剂主要研究方向。据报导日本京都

纤维大学研究的纤维素系列的吸附材料, 脱色效果好, 价钱仅为活性炭的四分之一^[7]。Watties^[22]等研制的羟基丙基纤维素对活性、直接、络合还原染料比纤维素具有更大的亲和力, 因而其脱色效果更好。

在我国辽源市研究所研制的 VS 型纤维, 对亚甲基蓝的脱色能力是颗粒活性炭的 9 ~ 10 倍。宁光薄等^[23]用尿素和磷酸来改性棉纤维, 制成磷酸酯 H 型阳离子交换纤维, 对阳离子染料的吸附性能远远大于活性炭。研究表明, 吸附法的脱色效率是较高的, 但吸附剂的再生及使用寿命等问题并未得到合理的解决。

2 化学法^{[8][9][19]}

化学处理法中, 臭氧氧化法的技术已趋于成熟, 在印染废水中应用较多, 其对水溶性染料的综合效果较好, 对硫化、还原、涂料等疏水性染料脱色效果较差。采用某些金属氧化物、金属盐、 H_2O_2 或 $NaClO$ 与 O_3 组成的催化氧化, 能降低成本, 达到较好的效果。光催化氧化法是目前研究领域较为活跃的一个方向, 把紫外线 (UV) 与臭氧氧化法结合起来, O_3 的氧化能力增强 10 倍以上。UV 与 Fenton 试剂结合, 以产生氧化性极强的自由基: $\cdot O$ 、 $\cdot OH$ 、 $\cdot H$ 等, 可将废水中的染料迅速氧化。UV-TiO₂ 光催化氧化法, 利用 TiO₂ 价带上的电子被 UV 激发到导带上, 产生的高活性的空穴电子对破坏染料的分子结构, 达到脱色效果, 显示出良好的应用前景。采用开放式悬浮型光催化氧化反应器, 以太阳能中的紫外光激发染料废水中悬浮 TiO₂, 产生 $\cdot OH$ 自由基, 将染料催化氧化脱色, 在晴天的条件下, 经 2 小时太阳能辐射后, 阳离子蓝染料脱色率在 80% ~ 93% 之间。此外, 高压脉冲等离子法、超声空化降解法、电化学氧化法、电锌氧化法等, 已有一定的研究成果, 但在设备和电耗上还存在一些问题。

3 生化法

尽管印染废水可生化性较差, 含有有毒

有害的物质, 但通过优势菌的选育, 在适宜的环境中仍可降解印染废水, 且由于生化法操作简易, 运行费用低, 无二次污染的优点, 在印染废水的处理中仍得到了广泛的运用。目前, 国内外对生化法的研究, 多集中于优势菌种的选育和处理工艺的优化二方面。

3.1 脱色菌藻的生物技术

印染工业中的染料 80% 以上为偶氮染料。Urushigawa^[10], Zimmermann^[11] 等人对偶氮染料降解机理进行了理论探讨, 研究中发现: 脱色菌在厌氧条件下产生的偶氮还原酶以 NADPH_2 或 NADH_2 为电子供体, 催化还原裂解染料中的偶氮双键, 形成芳香胺类中间产物, 在好氧条件下, 芳香胺类产物继续降解, 最终形成二氧化碳和无机物, 前人的研究表明带有羟基和氨基的偶氮化合物较易脱色, 带有甲基、甲氧基、磺酸基和硝基衍生物则难以脱色。

国内也广泛开展了脱色菌株的选育工作, 中科院微生物研究所^[12] 报导已经分离出了数百株脱色菌和 PVA 降解菌, 并投加到厌氧池和好氧池中, 具有成膜快, 活性高, 去除率高等特点, 其中厌氧反应器中用高效菌接种比用活性污泥接种的 PVA、 COD_{Cr} 和色度的去除率分别提高 12.7%、5.3%、12.5%, 好氧反应器出水的 PVA、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、色度前者比后者高 20.5%、9.3%、9.3%、12.0%。韩树琴等^[16] 还进行了脱色菌的固定化细胞的研究, 发现其脱色活性与自然细胞相似, 脱色率可达 80% ~ 87%, 认为具有密度大, 反应速度快, 微生物流失少, 产物容易分离等特点。王增长等人利用新研制的固定化微生物技术, 将筛选的高效优势脱色菌固定在活性污泥上, 投加到“厌氧-好氧-生物滤池”工艺流程中, 出水的 $\text{COD}_{\text{Cr}} < 50\text{mg/L}$, 色度为 0.005 ~ 0.05, 处理后的水可回收利用^[20]。

一些研究者研究发现藻类对染料的降解机制与细菌类似, 通过偶氮还原酶促使偶氮双键断裂, 形成芳香胺类化合物, 还能进一

步降解苯胺, 且菌藻共生系统能协同降解废水中的染料^{[14][15]}, 但存在着优势菌种易退化、流失等问题。

3.2 生化处理工艺的优化

纺织部设计院于 80 年代推出的厌氧-好氧-活性炭或混凝沉淀法, 在实际中得到了较广泛的应用, 难降解高分子物质在厌氧池水解酸化, 变成较小的分子, 从而提高了废水的可生化性, 为后续处理创造条件, 好氧池产生的污泥全部回到厌氧池进行厌氧消化, 整个系统很少污泥排放。现行印染废水的应用表明, 这一生化处理的工艺是可行的, 尤其是微生物固定化技术的开发, 有利于克服厌氧菌流失问题, 可使工艺效果持久。

生物铁法是通过往曝气池投加铁盐, 经逐步驯化成具有特殊结构的生物铁污泥, 这种结构紧密的团粒状活性污泥, 具有良好的沉降性能, 因而曝气池可维持很高的 MLSS, 据报导其 COD_{Cr} 去除率可提高 10% ~ 15%^[16]。

由于近年来印染技术的不断发展, 尤其是碱减量技术的运用, 印染废水的 COD_{Cr} 浓度已由几百上升到 2000 ~ 3000mg/L, 大大增加了此类废水的处理难度, 为此人们又开发出下列一些新工艺。

物化-厌氧-好氧法: 对废水浓度过高, 尤其是毒物浓度很高时, 可采用首先通过物化法, 把有毒有害的物质除去, 同时提高废水的 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 值, 以利于后继生化处理。其中的物化法常用强化混凝沉淀或气浮等。据文献^[19] 报道, 进水 $\text{COD}_{\text{Cr}} 2883\text{mg/L}$, BOD_5 为 727mg/L 情况下, 经过气浮-厌氧-好氧工艺, 停留时间厌氧为 20h, 兼氧 6h, 好氧 2h 时, 出水 COD_{Cr} 可达 225.3mg/L。使用此法效果稳定, 但污泥较多, 运行费用高。

间歇活性污泥法: 由于自动控制和监测技术的飞速发展, 集均衡、曝气、沉淀、生物脱氮除磷等集于一体的间歇活性污泥法, 由于其处理构筑物少, 处理过程简便, 自动化程度高, 工艺参数可根据具体条件灵活调

节,抗冲击负荷能力强等优点,已成为目前国内外污水处理中的热门工艺。所采用的方法已由 IC 法发展到 CASS 法,又发展到了 IDEA 法及 DAT-LAT 法,显示出较好的应用前景。赫瑞霞等人,利用微电解-SBR 法处理印染废水,当进水 $\text{COD}_{\text{Cr}} = 1000 \sim 1600 \text{ mg/L}$, 色度 $= 200 \sim 800$, $\text{BOD}_5 = 250 \sim 400 \text{ mg/L}$, COD_{Cr} 去除率达 85% 左右, BOD_5 去除率和脱色率均在 90% 以上,出水达到排放标准^[21]。但存在的问题是操作管理水平要求较高。

高效反应器的开发:随着反应器的容积负荷与 MLSS 的不断提高,可大大缩短废水处理的停留时间,清华大学环境工程系在用厌氧 UASB-好氧高效反应器处理染料废水研究中,利用所形成的厌氧颗粒污泥,将染料中的苯环裂解,使废水脱色,在厌氧段停留 6~10h,好氧段 6h 时,进水 COD_{Cr} 为 1150~1300mg/L,色度 500 倍时, COD_{Cr} 去除率达 85%~90%,色度降至 20 倍左右^[18]。

综上所述,近年来印染废水的处理技术在物化法、化学法、生化法方面都有了很大的发展,不同方法有效的组合,系统开发研究高效、经济、节能的印染废水处理的高效反应器和应用工程已显得十分重要,尽管一些技术还处于实验室或中试阶段,离实际中的运用还有一定差距,但可预见其广阔的发展前景。

4 参考文献

- [1] 嵇雅颖. 水溶性染料废水脱色新方法的研究. 上海环境科学, 1990;9(8):8~11

- [2] 吴敦虎. 絮凝复合混凝剂处理印染废水的研究. 环境污染与防治, 1997;19(5):11~13
 [3] 刘俊峰. 中小型印染废水的处理方法. 工业水处理, 1996;16(6):8~10
 [4] WJaeger et al. Acta Polymerica, 1989;40:161
 [5] Markromol. chem. 1986;141:57~67
 [6] 郭丽等. 活化媒处理印染废水初探. 环境工程, 1993;11(4):7~8
 [7] 杨雄麟. 印染废水的脱色处理. 工业水处理, 1985;5(1):12~15
 [8] 黄华等. 复合催化氧化法处理生物难降解性有机废水. 南京大学学报, 1995;31(2):250
 [9] 李胜利等. 用高压脉冲放电等离子体处理印染废水的研究. 中国环境科学, 1996;16(1):74~76
 [10] Urushigawa Y et al. Bull Environ Contam Toxicol, 1977;17:2~14
 [11] Zimmermann T et al. Europ J Biochem, 1982;129:197
 [12] 贾省芬. 厌氧-好氧投菌法处理印染废水. 环境科学, 1992;13(5):20~24
 [13] 韩树琴等. 蜡状芽孢杆菌 45 号固定化细胞脱除酸性红 B 的研究. 环境科学学报, 1988;8(1):93
 [14] 刘金齐. 藻对偶氮染料降解作用的研究. 水生生物学报, 1992;16(2):133
 [15] 刘厚田. 藻菌系统降解偶氮染料的机理研究. 环境科学学报, 1993;13(3):332
 [16] 汪凯民. 印染废水治理技术进展. 环境科学, 1991;12(4):62~67
 [17] 戚新. 气浮-厌氧-好氧工艺处理高浓度印染废水. 环境污染与防治, 1997;19(1):16~19
 [18] 竺建荣. 厌氧 UASB-好氧工艺处理染料废水的研究. 环境科学, 1994;15(4):31~34
 [19] 吴海宝. 太阳能-TiO₂ 非均相光催化氧化染料污水脱色研究. 中国环境科学, 1997;17(1):93~96
 [20] 王增长. 利用生物工程治理印染废水及回用中试研究. 中国环境科学, 1996;16(4):271~274
 [21] 赫瑞霞. SBR 法处理印染废水的研究. 环境科学进展, 1996;4(5):56~62
 [22] Wattiez D et al. Polym Amines Ammonium Salts. Invited Lect. Contrib Pap Int Symp, 1980:357
 [23] 宋光薄. 阳离子交换纤维对阳离子染料的脱色. 水处理技术, 1995;15(4):243

Research on Treatment Technique of Dye Printing Wastewater

Liu Zhiwei

Abstract: The article summarized the development of dye printing wastewater treatment technique in recent years, especially the latest researches on physical-chemistry, chemistry and bio-chemistry treatment.

Key words: dye printing waste water water treatment physical-chemistry chemistry bio-chemistry treatment

给水处理研究现状

简放陵 刘 晖

(仲恺环境科学技术研究中心, 广州 510225)

摘 要 综合介绍了过滤、混凝、化学氧化与生物氧化等给水处理技术及其研究现状。

关键词 给水 过滤 混凝 氧化

由于污水排放量不断增加, 饮用水源受到不同程度的污染。而随着人们生活的不断提高, 对饮用水质要求越来越高, 使给水处理面临巨大挑战, 同时也使给水处理不断发展和完善。本文从给水的过滤、混凝、化学氧化、生物氧化等方面对给水处理的研究现状作一简要综述。

1 过滤处理

过滤处理一般分为粗过滤、快速过滤、慢速过滤、直接过滤、膜过滤、磁分离过滤等。

粗过滤一般设置在处理流程的前端, 以减轻后续滤池过滤负荷, 防止堵塞, 它比沉淀处理更有效^[7,8,9]。当水的浊度较高时, 可采用沙砾滤床, 其垂直流比水平流更为有效。如果用反冲洗, 可相当程度地改善其工作性能^[7,9]。为了充分利用沙砾层中 50% ~ 55% 的孔隙, 现在常采用填充部分沙砾滤料, 也有采用塑料片滤料填充, 以便提高滤池的去污能力和分享效果^[7,8]。水库水的预处理常采用微滤网过滤, 以减少藻类负荷。通常采用的微滤网为 5 μm 。如采用毛毡制的无纺布, 过滤效果更好, 但去除 10 μm 以下的胶体物质, 水头损失较大^[8,9]。快速过滤常与混凝、沉淀工艺相结合, 出水水质较高。由于混凝材料和滤料的不断改进, 快滤池的工作性能也有很大提高。目前, 多采用多孔性截留容

量大的滤料和布料适合的非粒状滤料, 其特点是水头损失小, 截污能力大, 是沙滤池的 10 倍^[9,10,11]。慢速过滤是处理地面水最为简单可靠的方法, 并可消除三氯甲烷等消毒副产物。为了保持和延长其工作周期, 常在其表面覆盖特制的羊毛无纺布, 如使用合成羊毛, 过滤周期可延长 3 倍^[9,10,11]。

直接过滤是一种过滤前无沉淀工艺的水处理系统, 50 年代美国进行了这方面的研究, 60 年代初, 美国设计建造了世界上第一座微絮凝直接过滤水厂, 由于不建沉淀池, 节省基建费 25%、药剂费 70%; 我国则早在 1935 年的武汉东湖水厂就有采用直接过滤的记录。到了 50 年代, 上海市设计院进行了研究, 并在郊县取得了成功, 70 年代后期又先后在抚顺, 北京, 深圳得到应用^[7,9,12]。直接过滤一般要求浊度, 色度不大于 200 度, 藻类不大于 1000 面积标准单位, 并要求采用混凝剂与之配合。常采用的混凝剂有明矾、聚铝、聚铁等。用量 2 ~ 10 mg/L。为使其产生 40 ~ 60 μm 的微小絮体, 絮凝时间不宜超过 10 min, G (速度梯度) 应控制在 40 ~ 100 s, 此外, 还应加入助凝剂。通常采用聚丙烯酰胺, 浓度为 0.1 ~ 0.15 mg/L, 这可使直接过滤的截污能力从 13.2 kg/m³, 增加到 19.6 kg/m³, 过滤周期从 5 h 增加到 7.4 h, 此时, 过滤速度应控制在 15 m/h 以下, 如藻类过多, 应将过滤速度控制在 10 m/h 以

下^[7,11,12]。对污染较重的水源,常要求预处理。可采用气浮法除藻^[14,15],也可采用臭氧、预氯化法来除藻,灭活微生物,氧化有机物等,当处理能力下降至极限时,还要求气水反冲^[7,10,11,12]。

为了增强滤池的处理能力,强化滤料的去污能力,可采用一些强化措施,对滤料表面进行改型处理。具体做法是将二氧化锰涂渍到石英砂滤料表面,可改变石英砂的表面吸附能力,可对水中有机污染物如硝基化合物,三卤甲烷等消毒副产物进行强化去除,对于一些臭味有机物的去除能力甚至超过臭氧对它们的氧化作用。但二氧化锰对有机污染物的吸附速度、吸附容量、解吸规律,以及饱和滤料的再生处理等问题还需要系统深入的研究^[2,4,5]。

给水处理采用膜过滤技术已有数十年的历史了。随着膜材料和膜生产技术过程的改进,大大提高了膜的性能,降低了膜的费用,产水量也大幅上升,操作压力下降,杂质去除率可达 97% 以上,可定量地去除细菌、病毒、藻类、孢囊、粘土矿物、石棉纤维、三氯甲烷 (THM) 等 20 多种消毒副产物,可用来代替传统的凝聚,沉淀,过滤,消毒等一系列处理工程设施。不过,成本问题始终是制约其应用的关键。此外,膜的堵塞,浓缩废液的处理,降低能耗等方面还有待于进一步提高。值得一提的是最近发展了一种纳滤技术,其源于纳 (nano) 的含义 (10^{-9}m) 以表示膜孔尺寸的大小,其分离性能介于超滤和反渗透之间,对原水中的有机物和消毒副产物的去除率可与反渗透相当,可保证处理后的水中三氯甲烷符合标准,操作并不复杂,对小水量给水系统很有吸引力,但目前主要用于地下水源和各种规格的净水系统^[7,9,16]。

磁分离过滤技术,是将含有杂质的废水通过磁铁进行凝聚,用电池线圈产生的高梯度磁场所包围的不规则金属丝状物进行微粒杂质的分离,但电能消耗高,工程投资大,目前仅适用于极小量工业用水的处理^[7]。

近年来研究较为成功的是利用微孔发达的活性炭或具有超细微孔的中空纤维的折叠式微孔过滤器,能去除微生物、颗粒杂质,缺点是分离不够彻底,使用一定时间后需要更换或再生。电阻拦法,可利用极化物质对微生物,颗粒杂质进行电阻拦,在低能耗的情况下彻底将微生物和杂质与水分离,从而获得完全无菌的优良饮用水。迄今为止,其机理尚未得到充分的揭示,相信在不久的将来,电阻拦法可在饮用水处理方面获得实际应用^[1,2,7]。

2 混凝处理

混凝处理是给水处理中极为有效、简便、快速、经济的方法,国内外给水处理厂大都采用这一处理工艺^[9,10,11,12,15,17,18]。在混凝处理中,混凝剂用量、絮凝时间、速度梯度是几个重要的设计参数,它们的关系为:

$$T(G)^{2.7} = K$$

式中: T 为絮凝时间, G 为速度梯度, K 为与混凝剂浓度有关的参数。

从上式可以看出,最佳 G 值随絮凝时间的延长按比例减小,随混凝剂的投量增加按比例增大。当絮凝时间采用 35min 时, G 值约为 30/s,这可满足絮凝反应对速度梯度的要求^[13,19]。

常采用的混凝剂主要有氯化铝、硫酸铝、聚合铝、氯化铁、硫酸铁、聚合硫酸铁、二氧化硅、氯硫酸盐等。一般铝盐的投量在 20~80mg/L,具体用量视原水的污染程度而定。铝盐的处理效果一般为聚合铝 > 硫酸铝 > 氯化铝。它们的优点是处理成本低,原水达地面水三类标准时,处理水可达饮用水标准。缺点是处理效果不稳定、矾花小、沉降速度慢、不易过滤。当原水污染较重时,铝盐的投加量较大,使处理成本增加^[20~24]。使用铝盐处理给水的另一个问题是增加了饮用水中铝盐的浓度,可能导致老人痴呆症^[20,21],不过,此问题尚未得到证实^[21]。尽管如此,各国都力求减少饮用水中铝的浓度,

并制定了铝的饮用水标准^[21,23]。

铁盐是另一个常用的混凝剂,其处理效果聚合铁>硫酸铁>氯化铁,尤其是聚铁,它能有效地去除原水中的 COD_{Cr} 、SS、浊度,还能去除 NO_2^- 、 Fe^{2+} 、 NH_4^+ 等,而且絮体颗粒大,沉降速度快,沉淀池出水浊度均能达到饮用水要求。毒理学试验证明,聚铁属无毒,在动物体内积蓄作用极微弱,无致畸、致癌、致突变作用。由于用量少,处理成本低于三氯化铁^[19,24]。

最近开发了一些新型混凝剂如聚硅酸铝、聚硅酸铁等,当其使用浓度为 2.5mg/L 时,可使原水浊度从44度降到1.2度,而聚合氯化铝(PAC)的浓度达到 5.0mg/L 时,只能使同样的原水达到8.2度,但由于成本等原因,这些新型混凝剂离实际应用还有一段距离^[24,25]。

电凝聚法可产生活性极强的新生态铝,在数十秒至几分钟内完成全部电解投加和混合反应过程,能处理高达10000度的高浊度原水,并可减少水中的硬度、碱度、降低pH。它可减少混凝剂溶解、调配、计量、投加等一系列设备,减少了设备投资。因此,对于小规模高浊度原水处理,经济上是可行的;但对于大中型原水处理工程,由于电混凝需要消耗大量的金属极板和电能,运行成本较高,较难推广应用^[26]。

值得一提的是微生物混凝剂,它对无机与有机的悬浮物有显著的絮凝沉降效果,而且对高分子混凝剂不能去除的可溶性着色有机物也有优异的脱色效果,加上产生混凝剂的微生物来源广泛,获得的方法也比较简单,在国外已经获得了极广泛的应用,但在我国还处于起步阶段,以后应加强这方面的研究^[27]。

3 氧化处理

氧化处理分为化学氧化与生物氧化。常用的化学氧化剂主要有液氯、二氧化氯、臭氧等。液氯用于灭菌消毒,投氯量一般为

$1.0\sim 1.5\text{mg/L}$,如果原水污染严重,液氯还用于杀灭藻类。然而,1974年发现它易与水中的有机物生成三氯甲烷等一系列消毒副产物,具有一定的致突变作用^[4,10,11,28];二氧化氯可代替液氯进行消毒,用量为 $2\sim 4\text{mg/L}$,可减少三氯甲烷类物质的产生,但它也产生亚氯酸盐,氯酸盐等副产物。美国规定此类副产物不得超过 1mg/L 。为了消除它,可加入氯化亚铁,与二氧化氯用量的比例为 $1:6\sim 7$,这样便可控制饮用水中的这类副产物,使之低于 1mg/L 的标准^[9,28];发达国家普遍采用臭氧消毒。如美国路易斯安那州什里夫波特的水厂。1988年开始采用臭氧处理技术,具体处理为:原水加入 1mg/L 的二氧化氯, $4\sim 5\text{mg/L}$ 的臭氧,再加硫酸铝和高分子混凝剂,进行混凝沉淀处理,之后,再加入 1mg/L 的臭氧进行后处理,处理效果较好,但成本较高,因此,国内仅用于小规模水处理厂,大中型水处理厂较少采用^[2,5,9,16]。

生物氧化可去除原水中 NH_3 、BOD、Fe、Mn、浊度、色度、藻类,挥发性有机物、挥发酚、石油类产品等,去除效果决定于温度、反应装置、曝气强度、原水污染程度、水力负荷等^[2,5,29]。试验证明,生物转盘的水力负荷最低,占地面积最大,盘片价也不低,运行电耗最高,因此较少采用;弹性填料接触氧化池的水力负荷也不大,只有 $2.23\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$,占地面积也较大,其净水效率也低于陶粒滤料接触氧化池,不宜作为处理原水的首选方式;流化床由于填料比表面积大,水力负荷高,能有效去除原水中各种污染物,是一种很有发展前途的处理方式,但是操作技术要求高,原水中的 NH_3 、 COD_{Mn} 不能太高,因此限制了这一方法的应用推广。对于一般污染的原水,可采用塔式生物滤池和陶粒生物接触氧化池。塔式生物滤池占地面积较陶粒接触氧化池小,不需冲洗,亦不需人工曝气,电耗与陶粒池相当,因此,可作为原水处理的首选方式^[2,5,30]。值得一提的是

生物氧化只能在一定程度上降低 Ames 致突变试验的致突变率 MR 值, 但未见出现 Ames 阳性转为阴性, 生物处理后经加氯 MR 值又复升高。可见欲使有机污染物较好地去除, 达到 Ames 致突阴性 ($MR < 2$) 还需进一步处理^[5,30]。采用臭氧处理与生物氧化处理工艺相结合可达到这一目的, 即在生物处理前臭氧能有效地消除原水中产生三氯甲烷的母体物, 使过滤出水再经氯化消毒时三氯甲烷生成量极低, 并可使过滤出水臭阈值降低一个等级, 更重要的是可使 Ames 阳性转为阴性, 降低了饮用水致突变性^[2,5]。

综上所述, 给水处理在过滤、混凝、化学氧化与生物氧化等方面的研究与应用都取得了长足发展。过滤处理除了进一步完善传统处理工艺以外, 主要开发出了一些能去除重金属元素、有机污染物与微有机污染物、细菌、病毒、藻类、消毒副产物的膜技术, 在投资、能耗、操作管理上进一步实用化, 并达到一定规模的应用; 混凝处理则主要体现在开发出一些混凝效果好、处理成本低、无副作用的无机混凝剂、有机混凝剂以及无机有机混凝剂和微生物混凝剂, 并达到一定规模的应用; 化学氧化主要将氧化能力强、杀菌能力高的氧化剂较广泛用于给水处理, 并使之实用化; 生物氧化则主要在填料与曝气方面进展较快, 目的是提高处理负荷与水力负荷, 并强调化学氧化与生物氧化的结合, 使之进一步提高处理负荷, 降低“三致作用”, 并使 Ames 试验由阳性转为阴性, 以便保证饮用水的安全性。尽管如此, 不论是膜技术、高效无机有机混凝剂和微生物混凝剂, 还是臭氧氧化剂与生物氧化法要大规模应用于给水处理还有一定的距离, 主要在投资、能耗、操作管理上还有待于进一步实用化, 这也是今后努力奋斗的方向。

4 参考文献

- [1] 邹向, 王良焱, 郑少健. 高效节能型饮用水净化新技术. 水处理技术, 1995; 21(4): 208 ~ 210
- [2] 翁晓姚, 周仰原. 臭氧—活性炭组合工艺在微污染原水深度处理中的应用. 公用科技, 1996; 12 (1): 23 ~ 26
- [3] 高延耀, 周增炎. 一种适合当前国情的城市污水脱氮除磷新工艺. 同济大学学报, 1996; 24 (16): 647 ~ 651
- [4] 马军, 李圭白. 用二氧化锰强化过滤过程的除污染效能. 给水排水, 1996; 22 (4): 11 ~ 13
- [5] 胡江泳, 张锡辉, 王占生. 强化传统工艺处理微污染水源水的试验研究. 给水排水, 1996; 22 (2): 18 ~ 20
- [6] 朱红. 如何去除氮磷. 市政工程国外动态, 1994; (4): 18 ~ 19
- [7] 李至存, 黄哲臣. 给水处理过滤技术的发展动向. 公用科技, 1996; 12 (2): 22 ~ 23
- [8] 薛欣喜. 提高沙滤池对高含藻水适应性的方法. 中国给水排水, 1996; 12 (1): 44 ~ 45
- [9] 彭雄珠. 法国蒙瓦莱利恩水处理厂. 城镇供水, 1996; (5): 42 ~ 43
- [10] 舒玉芬. 石家庄市引水工程设计. 给水排水, 1996; 22 (8): 5 ~ 9
- [11] 张宛梅, 黄仲尉, 沈国平. 上虞市第二水厂设计. 给水排水, 1998; (8): 5 ~ 9
- [12] Yongtae kang. 针对洛东江水源的污染问题研究改进净水系统. 城镇供水, 1994; (2): 38 ~ 41
- [13] 翁晓姚. 直接过滤. 城市公用事业, 1996; 10 (5): 18 ~ 20
- [14] 牛健南. 气浮法除藻条件和参数分析. 净水技术, 1996; (1): 6 ~ 7
- [15] 严伟, 邓慧萍, 徐迪民. 膜技术在饮用水处理中的应用. 城市公用事业, 1996; 10 (4): 16 ~ 19
- [16] 郑祖庆. 美国十大臭氧处理水厂概况. 城市公用事业, 1996; 10 (5): 15 ~ 17
- [17] 徐乐中. pH 值碱度对脱氮除磷效果的影响及其控制方法. 给水排水, 1996; 22(1): 10 ~ 13
- [18] 黄民生, 刘遂庆. 饮用水中硝酸盐氮去除技术的研究与应用. 污染防治技术, 1996; 9 (1-2): 21 ~ 23
- [19] 由昭今. 聚合硫酸铁—安全、优良的饮用水混凝剂. 给水排水, 1996; 22 (10): 51 ~ 53
- [20] 何玲, 杨福才. 饮用水处理铝盐的使用与去除. 公用科技, 1995; 11 (1): 31 ~ 33
- [21] 邓慧萍. 对饮用水中剩余铝问题的研究和探

- 讨. 净水技术, 1995; (4): 11~14
- [22] 何玲, 杨福才. 铝盐作为水处理混凝剂的危害—尚未得到证实. 公用科技, 1991; (4): 47
- [23] 汪广丰. CF复合聚氯化铝的应用. 净水技术, 1996; (4): 26~31
- [24] 范荻, 袁春晖. 固体聚合硫酸铁与铝盐的净化效果比较. 实用预防医学, 1996; 3 (1): 25~30
- [25] Takao Hasegawa. 新型聚硅酸混凝剂及其性质. 城镇供水, 1995; (2): 39~43
- [26] 王三反, 李桂荣, 于连群等. 高浊度水二级电凝聚处理工艺. 给水排水, 1996; 22 (3): 11~14
- [27] 崔小明. 微生物絮凝剂在水处理中的应用. 净水技术, 1996; (2): 22~24
- [28] 辜家斌. 采用氯化亚铁消除饮用水中的亚硝酸盐. 净水技术, 1996; (3): 16~18
- [29] 刘文君, 贺北平, 张锡辉. 生物预处理受有机污染原水中胶体 zeta 电位影响研究. 中国给水排水, 1996; 12 (4): 27~29
- [30] 岳舜琳. 生物氧化在给水处理中的应用. 中国给水排水, 1996; 12 (4): 17~20

Studied Progress on Treatment of Water Supply

Jian Fangling Liu Hui

Abstract : The studied progress of water supply treatment is described in the filtration, coagulation, chemical and biological oxidation respectively in this paper.

Key words: water supply filtration coagulation oxidation

广州市环境科学学会举办成立 20 周年纪念活动

广州市环境科学学会成立 20 周年纪念活动于 4 月 28 日在广州举行。是日上午在省政府礼堂召开了纪念大会, 甘海章理事长作了题为“继往开来, 谱写环保科技新篇章”的主题报告, 对学会工作进行了回顾与展望。广州市环境科学学会, 自 1979 年 12 月成立以来, 在科协、市环保局以及有关领导的关怀支持下, 经过广大会员的努力耕耘, 经历了起步、巩固与发展过程, 在学术、科普、咨询三项活动中取得丰硕成果。尤其是针对突出的环保问题, 组织综合性学术研讨, 使多学科专家学者的学术观点为各级领导的决策提供咨询服务; 在开展为基层提供技术咨询服务、举办大型群众性科普宣传、促进学校环境教育、举办环境科学夏令营等环保科普活动等方面成绩尤为突出, 获得了国家、省、市许多奖励, 连续 19 年获市科协先进集体称号。展望未来, 广州环境科学学会将继续往开来, 再创辉煌。

省环保局局长袁征、省政协常委王荫琨、市环保局局长姜崇洲、市科协党组书记、副主席麦定根等出席了纪念大会并讲话, 对学会的工作给予充分肯定和鼓励。应学会特别邀请, 中国环境科学学会

鲍强秘书长作了题为“新时期环境科学学会的历史使命”的学术报告, 指出新时期要树立新的社团发展观念, 充分发挥科技社团组织的职能作用, 创造条件积极开展活动, 以“作用”树立“地位”。特别强调作为科技型社团组织的环境科学学会一要努力成为有关政府部门的领导决策民主化、科学化的一个支持系统, 更好发挥党和政府联系科技工作者的纽带和桥梁作用; 二要诚心诚意地为学会的主体会员服务, 解决和纠正学会秘书处工作几乎代表了学会全部功能的弊端; 三要积极组织会员和广大科技工作者投入到经济的主战场, 这些观点获得与会者的认同和热烈反响。

大会还同时对学会历年获奖实物作了展示并印发了展示学会 20 年工作成绩和经历的纪念册, 环境摄影专业委员会的作品选展也为大会增添色彩。

为配合国家对机动车尾气排放检控技术政策的出台, 当日下午, 学会与中经资产管理有限公司联合举办了“机动车排气污染物‘IG240 简易工况法’检测技术研讨会”。至此, 热烈、隆重而有意义的纪念活动落下帷幕。

冯铭芳

- 讨. 净水技术, 1995; (4): 11~14
- [22] 何玲, 杨福才. 铝盐作为水处理混凝剂的危害—尚未得到证实. 公用科技, 1991; (4): 47
- [23] 汪广丰. CF复合聚氯化铝的应用. 净水技术, 1996; (4): 26~31
- [24] 范荻, 袁春晖. 固体聚合硫酸铁与铝盐的净化效果比较. 实用预防医学, 1996; 3 (1): 25~30
- [25] Takao Hasegawa. 新型聚硅酸混凝剂及其性质. 城镇供水, 1995; (2): 39~43
- [26] 王三反, 李桂荣, 于连群等. 高浊度水二级电凝聚处理工艺. 给水排水, 1996; 22 (3): 11~14
- [27] 崔小明. 微生物絮凝剂在水处理中的应用. 净水技术, 1996; (2): 22~24
- [28] 辜家斌. 采用氯化亚铁消除饮用水中的亚硝酸盐. 净水技术, 1996; (3): 16~18
- [29] 刘文君, 贺北平, 张锡辉. 生物预处理受有机污染原水中胶体 zeta 电位影响研究. 中国给水排水, 1996; 12 (4): 27~29
- [30] 岳舜琳. 生物氧化在给水处理中的应用. 中国给水排水, 1996; 12 (4): 17~20

Studied Progress on Treatment of Water Supply

Jian Fangling Liu Hui

Abstract : The studied progress of water supply treatment is described in the filtration, coagulation, chemical and biological oxidation respectively in this paper.

Key words: water supply filtration coagulation oxidation

广州市环境科学学会举办成立 20 周年纪念活动

广州市环境科学学会成立 20 周年纪念活动于 4 月 28 日在广州举行。是日上午在省政府礼堂召开了纪念大会, 甘海章理事长作了题为“继往开来, 谱写环保科技新篇章”的主题报告, 对学会工作进行了回顾与展望。广州市环境科学学会, 自 1979 年 12 月成立以来, 在科协、市环保局以及有关领导的关怀支持下, 经过广大会员的努力耕耘, 经历了起步、巩固与发展过程, 在学术、科普、咨询三项活动中取得丰硕成果。尤其是针对突出的环保问题, 组织综合性学术研讨, 使多学科专家学者的学术观点为各级领导的决策提供咨询服务; 在开展为基层提供技术咨询服务、举办大型群众性科普宣传、促进学校环境教育、举办环境科学夏令营等环保科普活动等方面成绩尤为突出, 获得了国家、省、市许多奖励, 连续 19 年获市科协先进集体称号。展望未来, 广州环境科学学会将继续往开来, 再创辉煌。

省环保局局长袁征、省政协常委王荫琨、市环保局局长姜崇洲、市科协党组书记、副主席麦定根等出席了纪念大会并讲话, 对学会的工作给予充分肯定和鼓励。应学会特别邀请, 中国环境科学学会

鲍强秘书长作了题为“新时期环境科学学会的历史使命”的学术报告, 指出新时期要树立新的社团发展观念, 充分发挥科技社团组织的职能作用, 创造条件积极开展活动, 以“作用”树立“地位”。特别强调作为科技型社团组织的环境科学学会一要努力成为有关政府部门的领导决策民主化、科学化的一个支持系统, 更好发挥党和政府联系科技工作者的纽带和桥梁作用; 二要诚心诚意地为学会的主体会员服务, 解决和纠正学会秘书处工作几乎代表了学会全部功能的弊端; 三要积极组织会员和广大科技工作者投入到经济的主战场, 这些观点获得与会者的认同和热烈反响。

大会还同时对学会历年获奖实物作了展示并印发了展示学会 20 年工作成绩和经历的纪念册, 环境摄影专业委员会的作品选展也为大会增添色彩。

为配合国家对机动车尾气排放检控技术政策的出台, 当日下午, 学会与中经资产管理有限公司联合举办了“机动车排气污染物‘IG240 简易工况法’检测技术研讨会”。至此, 热烈、隆重而有意义的纪念活动落下帷幕。

冯铭芳

广州市 SO₂ 污染控制措施费用 - 效果分析*

范常忠 汪 晖

(广州市环境保护科学研究所, 广州 50620)

摘 要 为有效控制广州市的 SO₂ 污染, 对常用的 SO₂ 污染控制措施进行了费用效果分析, 分析结果可作为环境保护主管部门及企事业单位的 SO₂ 污染控制决策参考。

关键词 SO₂ 控制措施 费用效果分析 费效比

1 前言

改革开放以来, 广州市经济快速发展, 燃料 (特别是原煤) 消耗量也同步增长, 原煤等燃料消耗量的增长带来了 SO₂ 排放量的增加, 1995 年全市的 SO₂ 排放量为 14.9 万 t, 比 1985 年的 10.1 万 t 增长了 39.5%。SO₂ 作为形成酸雨的主要前体物, 其排放量的增长加重了酸雨污染。据监测统计, 80 年代中期, 广州市开始出现酸雨, 目前广州市酸雨出现频率已达 70% 以上, 雨水 pH 平均值为 4.61, 最低值在 4 以下, 广州市所在区域已成为中国的第二大酸雨区。

1998 年, 国家环境保护总局将广州市列入“两控区 (酸雨控制区和 SO₂ 污染控制区)”的范围。要求: 到 2000 年, 排放 SO₂ 的工业污染源达标排放, 并实行 SO₂ 排放总量控制, 环境空气 SO₂ 浓度达到国家环境质量标准, 酸雨恶化的趋势得到缓解; 到 2010 年, SO₂ 排放总量控制在 2000 年排放水平以内。

为了实现国家环境保护总局对两控区的要求, 有效地控制 SO₂ 的排放量, 切实保护广州市的环境空气质量, 广州市必须采取一系列有效措施来削减 SO₂ 的排放量。本文采用费用 - 效果分析方法对常用的 SO₂ 削减措

施进行优选, 筛选出一系列费用较小且削减效果较好的 SO₂ 污染控制措施, 可供环境保护主管部门、企事业单位作决策参考。

2 SO₂ 控制措施费用 - 效果分析程序

费用 - 效果分析又称为费用有效性分析, 是常用的经济评价技术。通过费效分析可以对几种备选方案进行比较, 从中选择出较优方案, 可为最终的决策提供依据, 在环境经济领域得到非常广泛的应用。对 SO₂ 各控制措施的费用 - 效果分析, 可按图 1 程序进行。

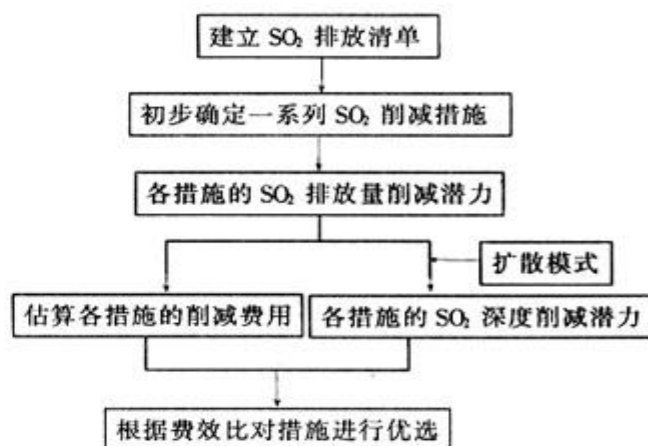


图 1 SO₂ 污染控制措施费用 - 效果分析程序

3 广州市 SO₂ 污染控制措施费用 - 效果分析

按图 1 所示的程序, 可对广州市的 SO₂

污染控制措施进行费用-效果分析,具体步骤如下:

3.1 污染源调查,建立排放清单,对污染源进行统计并分析污染源特征

对广州市的工业点源、民用源、第三产业源、交通源进行调查,建立污染源排放清单。对排放清单进行统计分析可发现:在所有排放源中,工业点源(电力、化工、制糖、造纸、氮肥及钢铁等生产行业)的SO₂排放分担率为92.5%,交通源、民用源、第三产业源的SO₂排放分担率分别为2.0%、3.2%、2.3%;SO₂排放量大于50kg/h的大点源共计有60个,它们主要是电力、化工、制糖、造纸、氮肥及钢铁等行业的排放源;SO₂排放量大于95kg/h的大点源共计有17个,它们

主要是电力、化工、造纸、氮肥等行业的排放源;适宜进行热电并供改造的工业源有9家,它们主要是广州造纸厂、广州发电厂及员村热电厂等排放源;装机容量小于15万kW的小电厂共计13家;在广州市中心区有20家排放大气污染物的工厂计划近期进行搬迁;可进行燃气转换的出租车共约有15000辆;近期计划进行燃料转换(由油转换成气体燃料)的公共汽车共有1000辆。

3.2 根据污染源的 特征,初步推荐一系列可能的SO₂排放量削减措施

根据广州市各类污染源的SO₂排放特征,以及国内外常用的SO₂污染控制技术,并结合广州市已决定实施的大气污染控制措施,初步选定了9个SO₂污染控制措施,见表1。

表 1 各项控制措施的主要技术经济参数

控 制 措 施	主 要 技 术 经 济 参 数
①9家工业源进行热电并供	能源利用效率提高36%,燃料消耗量减少36%(共减少603144吨/年);削减SO ₂ 排放量8800吨/年。固定资产投资损失3400万元/年,燃料节约费用:12968万元/年,实施该措施所需费用为-9568万元/年。
②关闭13家小电厂	13家小电厂总装机容量51万kW,SO ₂ 排放量:30000吨/年。小电厂关闭后,若通过增加黄埔电厂的发电来弥补电力不足,则黄埔电厂电厂会增加SO ₂ 排放量13500吨/年,该措施实施后,实际上削减的SO ₂ 排放量为:16500吨/年。小电厂设备基本上已达到技术寿命,关闭小电厂的固定资产投资较小,且关闭电厂所需费用较小,因此,可假定关闭电厂的费用为0。
③向60个大点源的炉膛烟气中喷射SO ₂ 吸附剂(燃烧过程中治理技术)	60个大点源的SO ₂ 排放量为110000吨/年,该措施的SO ₂ 削减效率可达50%,削减量为55000吨/年。削减1吨SO ₂ 的费用:2000~2500元,取中间值2250元/吨,则总费用为12375万元/年。
④60个大点源改用含硫率为0.5%的低硫煤	60个大点源的耗煤量为7736000吨/年,燃煤SO ₂ 排放量为78000吨/年,若用含硫率为0.5%的煤替代目前含硫率为0.75%的煤,则将削减SO ₂ 排放量26000吨/年。煤的价格差异为15元/吨,则费用为11604万元/年。
⑤17个最大的点源采用湿法烟气脱硫(末端烟气治理技术)	17个最大点源的SO ₂ 排放量为53000吨/年,假定湿法烟气脱硫的效率为95%,则SO ₂ 的削减量为50350吨/年,削减1吨SO ₂ 的费用为4000~5000元(世界银行提供数据),若取中间值,则总的费用为22657.5万元/年。
⑥15000辆出租车转用LPG	SO ₂ 削减量:15000辆×100000公里/年·辆×0.45克SO ₂ /公里=675吨/年。总费用(改装费及燃料价格差异费用):15000辆×7500元/(辆·年)=11250万元/年。
⑦将20家市中心区排放大气污染物的工厂搬迁到市中心区外	20家工厂SO ₂ 排放量为512吨/年,搬迁后,SO ₂ 削减为512吨/年。总费用:3620万元/年(将总的搬迁费分摊到每年)。
⑧1000辆公共汽车转用LPG	1000辆公交车的SO ₂ 排放量为:1000辆×72000公里/年×1.96克SO ₂ /公里·辆=140吨/年。燃料转换后,SO ₂ 的削减量为140吨/年。总费用(改装费及燃料价格差异费用):1000辆×9960元/辆·年=996万元/年。
⑨第三产业油改气	SO ₂ 总削减量2500吨/年。削减费用:管道连接费用20万元,使用寿命为20年,经贴现后,每年的费用为200000×0.159=31800元/年,对于常规大小餐馆(转换前燃油8.5吨/年,转换后燃气13207m ³),燃料附加费为26160元/年,而SO ₂ 削减量为0.107吨,因此,削减每吨SO ₂ 的费用为541500元/吨。总费用为135375万元/年。

3.3 估算各措施的 SO₂ 削减潜力及相应的削减费用

根据各措施的特点, 结合国内外类似控制技术措施的技术经济参数, 可估算各措施对 SO₂ 排放量的削减潜力及所需费用, 估算过程中所用到的主要技术经济参数及估算结果详见表 1 和表 2。

3.4 利用扩散模式, 将各措施的 SO₂ 排放量削减潜力转换成 SO₂ 浓度削减潜力

利用大气污染物高斯系列扩散模式(点源模式、面源模式及线源模式)将各控制措施的 SO₂ 排放量削减潜力转换成浓度削减力。首先, 利用基本扩散模式模拟预测各类源全年时的 SO₂ 小时平均浓度贡献值, 然后统计计算出 SO₂ 的年均浓度值, 计算结果详见表 2。

表 2 各项控制措施的费用 - 效果分析结果

控制措施	总费用 (100 万元 人民币/年)	SO ₂ 排放量 削减 潜力 (吨/年)	浓度削减潜 力 (对 1995 年浓度水平 的削减) %	费 效 比 (100 万元)	优劣 排序
①	-95.68	8800	4	-23.92	1
②	0 *	16500 *	8.0	0 *	2
③	123.75	55000	26	4.76	3
④	116.04	26000	12	9.7	5
⑤	226.58	50350	24	9.4	4
⑥	112.5	675	0.6	187.5	8
⑦	36.2	512	1.4	25.86	6
⑧	9.96	140	0.15	66.40	7
⑨	1353.75	2500	2.4	564.06	9

备注: * 估算为下限值;

费效比即削减 1% SO₂ 浓度的年均费用

3.5 根据费效比对各措施进行优选

从表 2 的分析结果可看出, 各措施的 SO₂ 浓度削减潜力不等, 控制措施 3 的削减潜力最大 (达 26%), 其次为控制措施 5 (达 24%), 再其次为控制措施 4 (达 12%); 就

费效比 (每削减 1% SO₂ 浓度所需费用) 而言, 控制措施 1 的费效比最好, 每削减 1% 的 SO₂ 浓度的费用为 -23.92 万元人民币, 费效比为负数, 表明不但不需要投入, 反而会节省投资, 产生经济效益; 其次为控制措施 2, 其费效比为 0, 表明该措施的实施所需投资很少; 再其次为控制措施 3, 其费效比为每削减 1% SO₂ 浓度的费用为 4.76 万元人民币。按各措施的费效比, 可对各措施的优劣进行排序, 如表 2 所示。

4 结论

通过对各控制措施的费用 - 效果分析, 可增加 SO₂ 污染控制工作中的科学性, 可实现用最少的资金, 达到最大的环境效益。

将来广州市在对 SO₂ 污染进行控制时, 应优先采用费用效果较优的控制措施, 依顺序推行下列措施: 措施 1 (9 个工业源进行热电并供)、措施 2 (关闭 13 家小电厂)、措施 3 (向 60 个大点源的烟气中喷射 SO₂ 吸附剂)、措施 5 (17 个最大的点源采用湿法烟气脱硫)、措施 4 (60 个大点源改用含硫率为 0.5% 的低硫煤) 等。

5 参考文献

- [1] Y J Ahmadedfc (1984). 王翊亭等译. 环境决策 - 费用效益分析的应用. 北京: 中国环境科学出版社, 1988 年
- [2] 刘鸿亮 主编. 环境费用效益分析及实例. 北京: 中国环境科学出版社, 1988 年
- [3] 国家环境保护局开发监督司. 环境影响评价技术原则与方法. 北京: 北京大学出版社, 1992 年
- [4] 胡涛, 王华东. 中国的环境经济学在实践中应用. 北京: 中国环境科学出版社, 1997 年

Cost - Effectiveness Analysis for the SO₂ Pollution Control Options in Guangzhou

Fan Changzhong Wang Hui

Abstract: To control the SO₂ pollution in Guangzhou effectively, the cost - effectiveness on the SO₂ control measurement in common use is analyzed. The analysis result provides the environmental management department and the owners of factories a base for decision - making when they make efforts to tackle the SO₂ pollution.

Key words: SO₂ control measurement cost - effectiveness analysis cost - effectiveness ratio

嘉兴市污水海洋处置工程 近区稀释扩散物理模型和数学模型研究

徐高田

(上海大学环境科学与工程系, 上海 200072)

韦鹤平

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要 结合嘉兴市污水海洋处置工程, 对排污口近区污水稀释扩散规律进行了物理模型和数学模型研究。数学模型采用美国国家环保局的 UM 模型、香港大学李行伟教授的 Jetlag3 模型以及自行研究的积分控制模型。结果表明, Jetlag3 模型计算值和物理模型的试验结果相差不大。

关键词 污水海洋处置工程 物理模型 数学模型

1 前言

嘉兴市地处浙江省北部的杭嘉湖平原地区, 南临杭州湾, 境内河网密布。随着工农业的发展和居民生活水平的提高, 大量的工业和生活污水排入辖区内的河网水系, 导致了各内河水体的污染, 且污染的范围逐渐扩大, 污染的程度不断加剧, 甚至使各城镇饮用水源都受到污染, 威胁着全市居民的生活用水。水环境和水质恶化已成为制约嘉兴市经济发展和人民生活水平提高的重要因素。

为了保护地面水水质, 改善投资环境, 振兴嘉兴经济, 充分利用北靠太湖、南依杭州湾的优越地理位置, 在满足杭州湾环境目标要求前提下, 嘉兴市人民政府和市环保局提出了“嘉兴市污水处理工程”项目。本工程截污范围嘉兴市城区、郊区、市属平湖市、海盐县、嘉善县部分区域, 其服务面积约 860km², 服务人口约 54.12 万人。近期接纳污水量约为 30 万 m³/d, 中期 2010 年为 45 万 m³/d, 远期 2020 年为 55 万 m³/d。污水经处理后, 潜没多孔排入杭州湾^[1]。

2 研究目标

拟用物理模型实验结果和数学模型计算结果, 确定嘉兴市污水海洋处置工程扩散器主要设计参数; 同时通过选用三种数学模型计算结果与物理模型实验结果进行比较, 对三种数学模型加以简略评述。

3 物理模型试验设计和装置

污水从喷口喷出主要受重力及粘滞力的作用, 即模型设计应以佛汝德准则和雷诺准则为设计原则, 但要同时满足佛汝德准则和雷诺准则是不可能的^[5], 所以模型主要按佛汝德准则设计, 即:

$$F_r = \frac{V_r}{\sqrt{g_r (\Delta\rho/\rho_a)_r L_r}}$$

式中: V_r 为速度比尺; g_r 为重力加速度比尺; $(\Delta\rho/\rho_a)_r$ 为相对密度差比尺; L_r 为长度比尺。

$$\therefore g_r = 1 \quad (\Delta\rho/\rho_a)_r = 1$$

$$\therefore V_r = \sqrt{L_r} \quad Q_r = V_r^2 \cdot L_r^{\frac{1}{2}} = L_r^{\frac{5}{2}}$$

综合各种因素, 本次物理模型试验长度

比尺 $L_r = 50$, 则

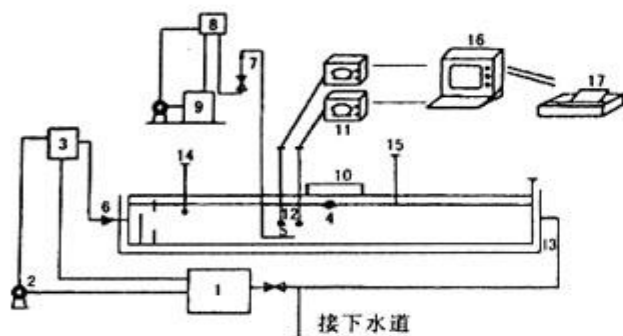
$$V_r = \sqrt{L_r} = 7.07, \quad Q_r = L_r^{\frac{5}{2}} = 17677.7$$

$$(Re)_j = \frac{V_j D}{\nu} = \frac{(2.41 \times 0.38)}{7.07 \times 50 \times (0.0101 \times 10^{-4})}$$

$$= 2565.8 > 2300$$

大于临界值, 说明能保证流态相似。

物理模型试验在玻璃水槽中进行, 试验装置如图 1 所示:



1. 蓄水池 2. 水泵 3. 高位水箱 4. 水槽 5. 扩散管
6. 进水阀门 7. 转子流量计 8. 高位污水箱 9. 污水贮存池
10. 测试架 11. 数据采集控制器 12. 光纤式浊度仪 13. 尾门
14. 流速仪 15. 水位仪 16. 计算机 17. 打印机

图 1 物理模型试验装置示意图

4 物理模型试验结果分析

4.1 喷口射流角度

试验过程中发现, 射流角度是影响污水近区稀释的重要因素之一, 其纵向扩散形状也与射流角度有关, 射流角度越大, 射流射出后, 由于水流绕流阻力的作用, 射流慢慢弯曲, 在此同时, 射流与横流相互掺混, 其宽度越来越大, 不久射流就沿着横流方向运动, 一般说来此时射流在断面上已相互混合。但射流角度又受其水深制约, 水深较浅, 其射流角度较大动量又较大时, 容易在水体表面产生不稳定流态, 由于垂向环流的作用将已混合的污水又带入羽流参加新掺混, 影响初始稀释, 其稀释效果显然不好, 并且环流有可能将已污染水体带入底层。流态的不稳定一般发生在浅水区域, 与射流的初始动量及射流角度有关。试验结果如表 1 所示。对于嘉兴排放口海域的水流条件、盐度, 根据模拟结果分析, 为了防止出流污水触底, 喷口射流角度宜取 10° 左右。

表 1 不同喷口射流角度时的初始稀释度变化情况^[1]

	10m	15m	20m	25m	30m	35m
0°	3.6	7.21	13.5	20.2	29.2	39.4
5°	5.14	9.60	15.4	26.0	38.7	45.0
8°	6.70	11.2	19.55	28.7	40.5	49.2
10°	7.33	13.65	20.70	30.4	41.3	52.4
12°	7.42	14.3	21.0	31.4	42.7	53.6

4.2 喷口水平方位角

污水射流路径及稀释扩散与喷口水平方位角有直接关系, 从试验结果^[1]中可以看出, 当 $\beta = 90^\circ$ 即射流垂直于环境水流方向时, 污水冒顶时的稀释扩散情况最好。这是因为垂直于水流方向时, 污水射流自喷口出流之后受到环境水流的强烈扰动作用而迅速在水流断面上扩展开来, 与周围环境水体迅速掺混, 稀释扩散效果变化明显。所以在污水海洋处置工程设计中, 喷口尽可能垂直于水流出流, 可以得到较好的稀释效果。

稀释扩散情况最不利的是水平角度为 0° , 即沿着水流方向出流时, 尽管其冒顶时水平漂移距离最长, 但由于受水流挟带, 污水云团来不及扩展开来, 与周围水体接触面积小, 得不到充分的稀释扩散, 所以稀释效果差。

另外, 喷口出流与水流方向相反即逆流时射流轨迹为一折线, 在流线上存在一个驻点, 流速为零, 然后污水回流, 逆向羽流宽度大于顺流羽流宽度, 从这个意义上看有利于污水稀释, 但对于较浅的水域, 部分折线已接近水面, 显然对稀释扩散不利。

根据试验结果, 对于近区稀释扩散, 90° 和 0° 是二种最好和最差的极端情况, 除此以外, 其余各水平方位角射流稀释效果由好到差的顺序依次为 120° 、 150° 、 45° 、 30° 。

4.3 环境水深

水深的意义在于其可使射流轨迹路径加长, 增加环境水体与污水的掺混量, 提高初始稀释度。表 2 显示了不同水深时污水冒顶距离和稀释扩散效果。试验结果表明: 随着

环境水体的逐渐变深,各种射流角度出流污水冒顶时水平迁移距离相应变长,冒顶时的稀释度明显增大。所以在选择污水排放口时,应选在水深的区域,可以有利于污水的稀释扩散。

表2 不同水深时的污水冒顶距离和稀释度变化情况^[1]

水深 (m)	冒顶距离 (m)	稀释度
7.08	44	57.1
8.0	50	72.26
9.0	57.3	90.81
10.0	64.53	110.9

注:环境流速为0.5m/s(保证率为60.42%)。

4.4 喷口个数

在保持排放量和喷口面积相等,即射流速度不变的情况下,对不同喷口个数出流时的污水稀释扩散情况进行研究,试验结果^[1]表明,起始稀释随着孔径减小而增加,每一上升管布置多个喷口可以减少耗资较大的上升管数,喷口个数越多,越有利于污水的稀释扩散。但当喷口个数增加到一定程度时,稀释效果增加程度不是很明显,这是由于同一上升管上布设过多的喷口,多孔射流会很快交汇,减少了其稀释效果,说明再增加喷口个数对污水稀释效果贡献不大。考虑到结构方面等因素,对于嘉兴污水海洋处置工程喷口个数取6个,分二排布置。

4.5 上升管间距

上升管间距一直是排海工程研究争论比较激烈的热点之一,有的建议上升管间距在静水条件下 $S < 0.3H$,即水深的1/3左右,Agg Wakeford 建议 $S = H [0.3 + 0.4 (U_a/V_j)^{1/3}]$ 。一般说来,上升管间距与很多因素有关,这就需要针对具体工程作特定研究分析。为了使模拟试验简化,根据扩散器设计参数的研究结果,对上升管间距进行了试验研究,试验结果表明:

多孔射流经过一段距离后,相邻射流要相互交汇,随着相邻射流间距不等,小间距

有可能交汇时两股射流都还有动量,掺混程度增加,但此时掺混会掺入大量“污水”,显然,其稀释效果降低。一般说来,上升管间距愈大,对污水稀释扩散越有利,这就需要较长的扩散器,使工程费用增加,有的则为条件所不允(如本工程排放口扩散器)。在扩散器长度一定时,寻求一个合理的上升管间距,即使相邻上升管射流在近区结束时交汇。

对于近区稀释扩散来讲,最好能充分利用扩散器长度,使污水在近区稀释结束时能与周围环境水体充分掺混,这不仅有利于初始稀释效果,对于后续稀释扩散也是有利的,试验过程中亦发现间距为20m,在流速较大时,污水冒顶时相邻射流污水还没有相互掺混,相邻上升管中间还有一些清洁水体没有污水与其掺混,在近区稀释结束一段距离之后相邻射流才交汇在一起,如图2所示,当流速较小时,基本能交汇在一起,所以上升管间距取20m。

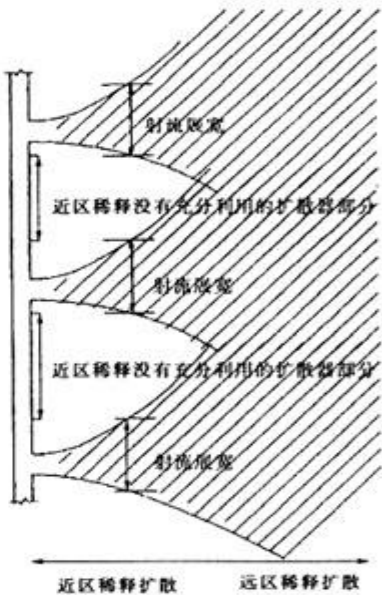


图2 污水近区交汇情况

5 数学模型试验结果及与物理模型试验结果的比较

对近区污水稀释扩散规律模拟研究,选用三种数学模型进行对比研究,分别为美国国家环保局的UM模型、香港大学李行伟教授的Jetlag3模型和我们研究得出的积分控制

模型。

5.1 UM 模型^[6]

UM 模型由 Winiarsk 和 Frick 于 1976 年建立, Teeter 和 Baumgartner 于 1978 年开始在海洋中应用, 之后进一步改善和通用化。

UM 模型有两个显著特色: 拉格朗日表述和投影面卷吸 (PAE) 假定。UM 模型的各种条件假定及以环境流体力学为基础编制程序, 使之在复杂条件下应用时有时会误差较大。从实验结果看, 用于工程有一定的精度, 但对浅水情况, 水体表面约束很明显的条件下, 对上层污水层厚度的估计及阻挡作用将变得十分重要的情况下, 其对稀释度的估计过于乐观。图 3 显示了本项物理模型实验结果与 UM 模型预测结果的比较, 可以看出, UM 模型计算值比物理模型实验值偏大, 二者有一定差距。

5.2 Jetlag3 模型^[7]

Jetlag3 模型是国际水力研究学会流体力学组主席、香港大学教授李行伟博士研制的, 对前人研制的模型有很大的改进, 并且在国内外许多污水海洋处置工程中得到成功的应用, 如在悉尼的污水排海模型中得到检验, 结果表明模型具有相当高的准确性。Jetlag3 模型是一个三维的 Lagrangian 模型, 采用 Lagrangian 分析方法积分求解羽流单元的体积变化, 该模型可以较好地模拟在潮流环境下近区稀释扩散情况, 利用 Jetlag3 模型计算的稀释度同物理模型试验结果的比较见图 3。从图 3 中可看出, Jetlag3 模型计算值与物理模型试验比较接近。

5.3 积分控制模型

在均匀环境水体流动的情况下, 浮射流的特征很复杂, 由动量诱导掺混、浮力诱导掺混和动力诱导掺混所控制。一般浮射流过程划分为三个区:

(1) 起始段: 从射流出口到核心区 (中心部分未受到掺混影响, 仍保持原来出口流速的区域称为核心区) 末端的一段称为射流

的起始段。该段长度一般在 6 倍射流直径的范围内, 剪切层一直在“吞没”来自射流出口的等速核心区, 整个等速核心区呈圆锥状。

(2) 主体段: 在 $L \gg 6D$ 时, 紊动充分发展以后的部分称为射流的主体段。主体段射流继续扩展, 时均流速和示踪剂浓度不断减少, 且分布是“自相似”的。

(3) 过渡段: 流动建立区与流动形成区之间的过渡区。在这一区域, 射流内的紊动流动仍未达到平衡, 紊流处于恒定衰减状态。这一区域很短, 一般归于射流主体段。

根据连续性方程、质量守恒方程、时间平均动量方程等进行推导, 编制计算机程序, 并根据白龙港水域环境条件, 通过模型试验对参数 α_j 、 α_{th} 、 C_D 进行拟合。将拟合结果代入计算程序, 可计算各种工况条件下的污水稀释度, 结果发现计算值与实测值吻合较好, 一般误差均在 20% 以内, 见图 3。

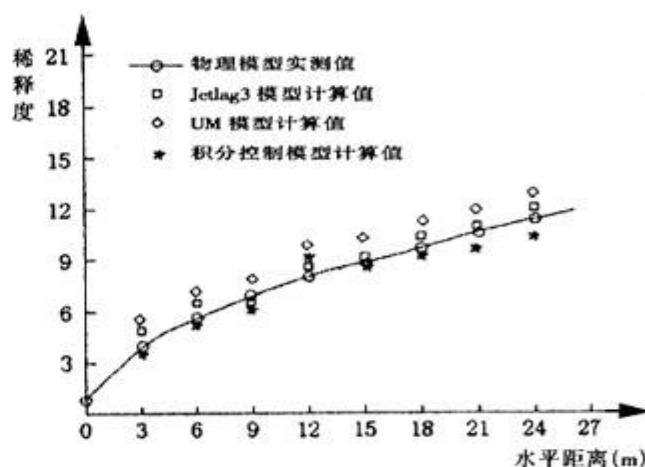


图 3 三种数学模型计算值与物理模型实测结果的比较

6 结语

根据物理模型试验和数学模型计算结果, 对于嘉兴市污水海洋处置工程扩散器主要设计参数: 喷口射流角度取 10° ; 喷口个数控制在 6 个左右, 分二排布置; 上升管间距为 20m 左右。

通过三种数学模型计算值与物理模型试验结果的比较, 发现 Jetlag3 模型计算值与实测值比较接近, 其次是积分控制模型, 与实

测值相差最大的是 UM 模型。

7 参考文献

- [1] 同济大学环境工程学院. 嘉兴市污水处理工程排放口工程可行性研究(阶段报告). 1998.9
- [2] 张永良, 阎鸿邦主编. 污水海洋处置技术指南. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.12
- [3] 黄河宁. 污水排海工程导论. 大连: 大连理工大学出版社, 1990.7
- [4] 浙江省河口海岸研究所. 嘉兴市污水海洋处置工程排放口选择及海域水环境影响预测初步分析. 1998.3
- [5] 徐高田. 污水海洋处置多喷口浮射流稀释扩散规律研究. 同济大学博士论文, 1999.5
- [6] D J Baumgartner, W E Frick, P J W Roberts. Dilution Models For Effluent Discharges (third edition) [M]. New York: Environmental Research Laboratory: Narragansett, us EPA, 1994.
- [7] Modelling Workshop Jetlag: A Lagrangian Jet Model for a Round Buoyant Jet in a Current [R]. Montgomery Watson (Hk) Ltd, February 27, 1997
- [8] Robert A Grace Marine Outfall Systems, Planning, Design, and Construction [M]. New Jersey: Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, 1978

Dilution and Dispersion Physical Model and Mathematical Model Study of Wastewater Ocean Disposal Project in the Near Shore of Jiaxing

Xu Gaotian Wei Heping

Abstract: The regularity of wastewater dilution and dispersion in the near shore was studied by physical model and mathematical model in accordance with Jiaxing wastewater ocean disposal project. Mathematical models include UM Model of EPA U S A, Jetlag3 Model of professor Joseph H.W. Lee from Hong Kong university and integral control model developed by us. The results show that calculation values by Jetgal3 Model are very close to the values obtained by physical model test.

Key words: wastewater ocean disposal project physical model mathematical model

新世纪将面临六种环境风险

德国联邦政府全球气候变化科学咨询委员会不久前发表了一份“解决环境风险的战略报告”, 报告首次引用古希腊神话人物, 将环境风险分成六种类型, 并提出预防对策。专家警告, 新世纪将面临日益增加的环境风险。

达摩克里斯型风险 特点是发生灾难的概率非常小, 但可能造成的损失非常大, 如核电事故、外星撞击地球等。对策主要是, 建立预警系统和有效的灾害管理系统, 改善现有技术和研究替代技术。

潘多拉型风险 特点是发生灾难前有前兆, 对环境有长期的影响, 但这种风险的后果常不清楚, 如地下水污染、使用杀虫剂和激素等。对策主要是, 开发出快速分解和低毒性的替代品, 及时清理污染源。

独眼巨人型风险 特点是灾难的发生难以预料, 但其后果却能基本估计, 如地震、火山爆发、水灾

等。对策是, 建立全球范围的预警系统和国际救援力量, 改善风险的防御体系, 加强对灾害研究。

女巫型风险 特点是灾害发生的可能性和危害程度都不清楚, 如引入基因技术、转基因植物、疯牛病对人的影响等。对策主要是加强基础研究, 建立监控系统和灾难保险基金。

克珊德拉型风险 特点是灾难发生所导致的后果非常清楚, 但人们幻想近期不会发生, 因此不采取预防措施, 如缓慢的气候变化、生态系统的变化等。对策主要是, 对未来的灾难进行科学的跟踪和评估, 建立保护环境的公众意识。

美杜莎型风险 特点是灾难发生的实际危险很小, 但人们的恐惧心理比较大, 如电磁辐射、微波加工食品等。对策主要是加强基础调研, 积极向公众进行科普。

摘自《大众科技报》

废水处理中磁分离技术的发展趋势

韦朝海 谢 波

(华南理工大学化工学院, 广州 510640)

徐雪青 陈 勇

(中科院广州能源研究所, 广州 510070)

摘 要 介绍了废水处理磁分离技术的方式、基本理论、重要技术环节及适用对象。论述了高梯度磁过滤工艺。简述了超导磁分离和涡流磁分离的技术特点。

关键词 废水处理 高梯度磁过滤 超导磁分离 涡流磁分离

1 废水处理中磁技术的发展概要

磁分离法在废水处理中的应用是从去除废水中磁性污染物开始的。它具有速度快、效率高、占地面积小、污泥含水率低、设备及附属设施简单等优点。70 年代, 美国的 Kolm^[1] 发明了高梯度磁过滤器, 在细小的磁介质表面实现高梯度磁场, 产生强大的磁力。在一些实验及实际应用之后, Waston^[2] 和 Vchiyama^[3] 先后开展了磁过滤理论研究, 建立了磁性颗粒轨迹方程及雷诺系数过滤效率公式, 对过滤器改进起了指导作用。与此同时, 超导磁体的应用产生了超导磁分离, 与普通的磁过滤相比, 它实现了更强的磁场和磁场梯度, 为磁分离技术开拓了新的应用前景。在超导磁分离出现以前, 由于场强的限制, 一般水流速度较低, 雷诺系数亦较小。超导磁分离出现后, 人们开始研究中度雷诺系数下的磁分离^[3-5], 并由此产生涡流磁分离新技术。国外的磁分离技术用于废水处理开始趋向工业化, 国内磁分离技术首先应用于钢铁厂磁性污染物废水的处理, 最近在重金属废水和含油废水等非磁性污染物废水处理方面也有初步研究。

2 HGMF 技术及其理论

2.1 HGMF 装置

HGMF 装置主要由电磁体和装填或设置了曲率半径小的磁性介质的滤筒组成 (如图 1), 其它附属设施包括冷却水系统及回流系统。其基本工作原理是在外加磁场下, 磁性介质表面产生高梯度磁场, 可捕集经过它的磁性颗粒。磁性介质材料应磁化率高, 剩磁低, 一般为某种铁磁性金属丝或金属球。此技术应用于含重金属废水 (电镀行业、钢铁行业、发电厂) 及非磁性污染物废水 (河水、生活污水、造纸废水、油脂废水) 均有显著的效果, 不仅表现在对可磁化的金属离子, 而且对 COD、SS、 PO_4^{3-} 等成分都有去除作用。

2.2 磁分离理论

Waston 和 Vchiyama 等发展了 HGMF 的有关理论, 主要建立了不同过滤形式的磁性颗粒轨迹方程及过滤效率公式。研究表明, 当水流稳定且磁性介质排列均匀时, 理论才与实验相符。过滤形式主要有两种: ①水流方向与磁场方向平行, 且都与磁性介质金属丝轴垂直, 如图 2; ②水流方向与金属丝轴平

行。第二种形式的实用性较差。下面主要从相对捕集半径及过滤效率两个方面来分析第一种形式。

(1) 相对捕集半径

对于前述的第一种情形, 相对捕集半径 ξ 非常重要, 因为过滤器效率是相对捕集半径 ξ 的函数。计算表明, 对于涡流, 磁性介质为单一金属丝情形, 相对捕集半径 ξ 为^[3]:

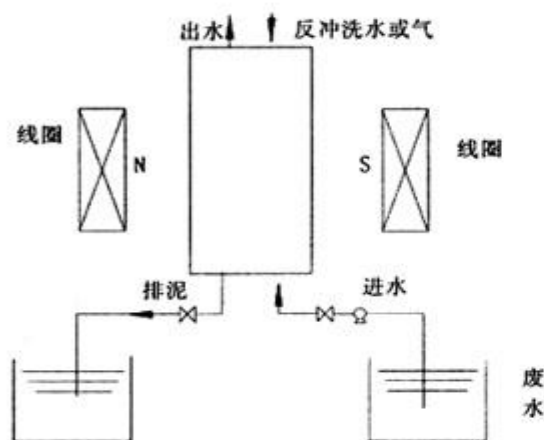


图1 HGMF装置示意图

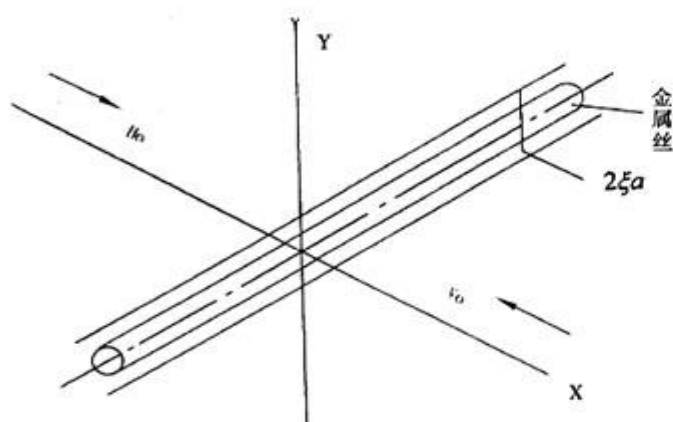


图2 金属丝相对捕集半径示意图

$$\xi = 1.30 (V_m/V_0)^{1/3} - (0.87 - 0.05k) \cdot (V_m/V_0)^{-1/3} \quad (\text{当 } V_m/V_0 > 3) \quad (1)$$

$$\xi = \left(\frac{V_m}{2V_0} \right) \frac{(1-k^2)^{1/2} + k(\pi - \cos^{-1}k)}{[1 + (4k/5)(V_m/V_0)]} \quad (\text{当 } V_m/V_0 < 1, k=0; V_m/V_0 < 0.1, k=1) \quad (2)$$

公式(1)、(2)中 V_m 为磁速度, 定义为:

$$V_m = \frac{2}{9} \left(\frac{\mu_0 x b^2 M_s H_0}{\eta a} \right) \quad (3)$$

$$k = M_s / 2\mu_0 H_0 \quad (4)$$

式中:

V_0 ——在 x 轴相反方向上的水流速度, m/s;

μ_0 ——真空磁导率, $4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$;

x ——磁性颗粒磁化率;

b ——磁性颗粒半径, m;

M_s ——金属丝饱和磁化强度, A/m;

H_0 ——外加磁场强度, A/m;

η ——水的粘度;

a ——金属丝半径, m。

对于多金属丝情形, 相对捕集半径基本不变。

(2) 过滤效率 R

$R = (N_{\text{进}} - N_{\text{出}}) / N_{\text{进}}$, 其中 $N_{\text{进}}$ 、 $N_{\text{出}}$ 分别为进水和出水磁性颗粒浓度。研究表明, 单层过滤效率为:

$$R_1 = 2\xi a/L \quad (\text{当 } 2\xi a/L < 1) \quad (5)$$

$$R_1 = 1 \quad (\text{当 } 2\xi a/L > 1) \quad (6)$$

其中, a 为金属丝半径, L 为同层金属丝间距, 其表达参见图 3。

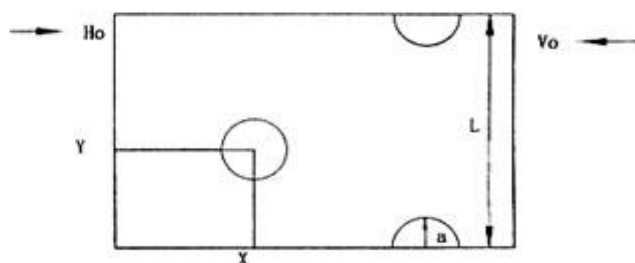


图3 双层磁滤示意图

而双层过滤效率为:

$$R_2 = 2R_1 \quad (\text{当 } R_1 < Y_a) \quad (7)$$

$$R_2 = R_1 + Y_a \quad (\text{当 } R_1 > Y_a) \quad (8)$$

其中 $Y_a = Y/a$, Y 为前后相邻金属丝位移, 参见图 3。

由式 (7) 可知, 当 $Y_a > R_1$ 时, $R_2 = 2R_1$, 即双层过滤是单层过滤效率的两倍; 由式 (8) 可知, 当 $Y_a < R_1$ 时, $R_2 = R_1 + Y_a < 2R_1$, 即双层过滤小于两倍的单层过滤效率。

可见, 过滤器设计应使 $Y_a > R_1$ (如 $Y_a \geq 1$, 即 $Y \geq a$ 时)。虽然 ξ 公式较为复杂, 但由 ξ 公式及公式 (7)、(8) 至少可得结论: 对于 V_0 平行于 H_0 , 且 V_0 、 H_0 垂直于金属丝

轴的双层过滤系统,影响过滤效率的因素有磁场强度、水流速度、磁性颗粒磁化率和粒径、金属丝直径和饱和磁化强度、同层金属丝平行距离及前后相邻金属丝位移,过滤效率与同层金属丝间距成反比。对于多层过滤,影响过滤效率的因素还包括过滤层数。

3 HGMF 处理非磁性或弱磁性污染物废水

3.1 接磁种

在接磁种之前,应先将粒径较大污染物(如大于 $200\mu\text{m}$)筛去,以防阻塞 HGMF。接磁种是通过化学吸附、絮凝等手段使磁种与污染物结合成磁性絮体颗粒。此絮体颗粒应具备:①磁种与污染物结合力强;②具有一定磁化率;③颗粒结构紧密,颗粒大小适中(一般为几个 μm)。磁种可选择对污染物有吸附能力的铁磁性或强磁性颗粒(目前一般用 Fe_3O_4 磁粉)。磁种应价廉或易回收利用。磁种投加量通过形成的絮体颗粒所达到的磁化率决定,即要求磁化率高,则磁种接入量亦大。对某种污染物废水究竟采用何种方法接磁种为好,往往通过实验决定。通常是加入磁种吸附污染物,然后加入一种絮凝剂加强磁种与污染物间结合。由于絮凝的目的是使磁种与污染物结合紧密,而不是使絮体颗粒增大,且 HGMF 可分离微粒物质,因此絮凝时间可较短,此外可加入某种助凝剂使絮体紧密^[6,7],降低磁分离污泥中的含水率。

3.2 磁过滤

在若干个槽中完成接磁种过程后将废水泵入磁过滤器。磁过滤器可根据磁性絮体颗粒大小及磁化率大小、处理量、磁性絮体浓度来设计并确定其操作条件:①通过实验获得单位面积金属网絮体负荷为较大值时的金属丝直径、网孔大小、网距、磁场强度、水流速度的相关数值,确定滤筒内径及金属网数目;②由实际处理量及通过公式 $D = Q/V_0$ 确定滤筒内径;③由处理量(Q)、操作周期

(T)、磁性絮体浓度(c)、滤筒内径(D)及单位面积金属网负荷(q_0),确定网目数 $n = \frac{4QTc}{\pi q_0 D^2}$;④根据过滤器清洗后的再生率高低,适当调整过滤器内径或网目数;⑤可考虑采用网孔大小不同的金属网,按网孔由大到小排列,既可达到高的过滤效率,又可防止阻塞。当处理量大时,亦可考虑用多个滤筒并联运行。

3.3 磁种回收及污泥处理

在一个处理周期内,磁滤器达到饱和后,撤离磁场,以水或气冲洗滤筒内部,排除磁性絮体污泥,回收磁种。目前磁种回收的方法一般是将以上磁性絮体的污泥在 $\text{pH}11 \sim 12$ 下剧烈搅拌几十分钟,破坏磁种与絮体的结合。可用磁鼓分离磁种和絮体^[8],或以高速通过高场强 HGMF 分离磁种和絮体^[7-9]。近几年荷兰的 Smit Nyniegen 水处理系统^[4,5]采用空气反洗 HGMF 装置,并以超声波发生器产生的剪切力破坏磁种与絮体的结合,再以磁鼓将它们分离,磁种回用而污泥排出。磁种回收是 HGMF 处理非磁性废水技术的重要环节,可明显降低水处理费用,其方法的改良将使 HGMF 具有更广阔的应用前景。

4 超导磁分离技术

当处理量很大(如 $Q > 1000\text{m}^3/\text{h}$),使用 HGMF 的设备费用及耗电将剧增,这时考虑使用超导磁分离器将比较经济。所谓超导体,即在某一临界温度以下,导体电阻为零,可实现大电流产生场强较大的磁场(一般为几个 T)。对于强磁性污染物,超导磁分离可以高速将之去除;对于磁性较弱的污染物,超导磁滤可能直接将其去除;对于弱性或非磁性污染物,可接磁种后以较高速度去除,但此速度受到磁种与污染物接合力的限制。超导磁分离的应用,使选用较为便宜的顺磁性物质为磁种成为可能,这样便可能省去磁种回收过程。

5 涡流磁分离技术

研究表明^[10-12], 对于 V_m/H_0 , 且同时垂直于金属丝轴之过滤分离, 当水流雷诺系数 $Re > 6$ 时, 金属丝周围边缘层于某一点同金属丝分离, 在金属丝背面(相对水流方向)形成涡流, 如图4所示。这种磁过滤, 当 $0.78 < V_m/V_0 < 1.58$ 或 $Re < 6$ 时, 磁性颗粒主要被捕集在金属丝正面。而当 $V_m/V_0 > 0.62$ 时, 磁性颗粒被水流扫向金属丝背面; 若同时 $Re > 6$, 且外加磁场强度大于金属丝达到磁饱和所需磁场强度时(即 $H_0 > H_s$), 直径小于 $0.3\delta_\phi$ 的磁性颗粒便被带入金属背面的涡流中而被捕集, 此捕集称作“涡流捕集”。此磁过滤方式称作涡流磁分离, 其中 δ_ϕ 为边缘层厚度^[3,9]。

涡流磁分离(VMS)的特点为: ①在相同磁场和过滤速度下, VMS的效率更高, 而在相同效率下, VMS可采用较高的水流速度; ②选择性强, 只有具有一定磁化率, 且直径小于 $0.3\delta_\phi$ 的磁性颗粒可被金属丝捕集; ③由于要求 $H_0 > H_s$, 一般VMS技术可在超导磁分离器中实现。

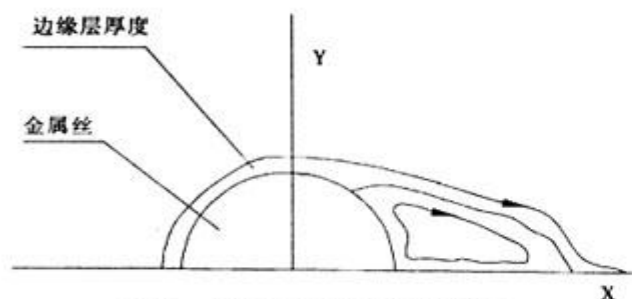


图4 金属丝背面涡流示意图

6 结语

经过20多年的发展, 磁分离技术已从处理磁性污染物废水扩大到处理非磁性污染物废水, 形成了较完整的工艺技术及磁过滤理论体系。磁场的引入使混凝工艺的分离速度较常用的斜管沉降法提高10~50倍, 可极大地提高水处理速度和减少占地, 易于实现自动化控制及小型集成化设备, 在给净水及废水处理等领域均有诱人的发展前途。尽管如

此, 由于大型磁场的创造、工程规模的形成及面向各种废水的普适性方面均存在诸多困难, 如接磁种的方法、磁种的选择及磁种回收工艺需要研究改进, 其理论亦有待发展和完善。因此, 基于实现强化磁场的磁性材料的选择与研制、可变磁场的控制及磁絮凝反应动力学行为等方面的基础理论研究是本领域未来的主攻方向, 吸收相关学科的知识, 积累大量的科学研究数据, 有可能在水处理领域里实现机电磁一体化的高效设备。

7 参考文献

- [1] H Kolm. US Patent, 3,567,026
- [2] J H P Waston, Z Li. Vortex magnetic separation. Proc Instn Mech Eng Res. 1997; 211, Part E, 31~42
- [3] S V chiyama, K Hayashi. High - gradient magnetic separation: research and application in Japan. Japan Snnual Reviews in Electronics. Computers Telecommunication, 1984; (15)249~259
- [4] J L de Reuver. Magnetic wastewater treatment in the US chemical industry. Filtration separation, 1994; (9/10): 605~607
- [5] A F M van Velsen, G Van der Vas R Boersma, V L de Reuver. High gradient magnetic separation technipue for wastewater treatment. Wat Sci Tech, 1991; 24(10): 195~203
- [6] 韦朝海, 陈春焕. 快速絮凝分离法在废水处理中的应用. 环境污染与防治, 1992; 14(1): 8~10
- [7] R R Oder, B I Horst. Eastewater processing with high gradient magnetic separators. Processing of conference on complete water reuse, 1975; (2): 887~897
- [8] D R Dixon. An alternative water traetment method using magnetic. GIT - Suppl, 1988; (2): 44~47
- [9] K Hayashi, S Vchiyama. An alternative water traetment method using magnetic. IEEE Tuans. Magn, 1980; (16): 827~836
- [10] Y Terashiha, H Ozaki, M sokine. Removal of dissolved heavy metals by chemical coagulation, magnetic seed-ing and high guadient magnetic filtration. Wat Res, 1986; 20(5): 537~545
- [11] Praveen Anand, J E Etzel, F J Friedlaender. Heavy metals removal by guadient magnetic separation IEEE. Trans Magn, 1985; 21(5): 2062~2064
- [12] C Tsouris, ans S Yiacoumi. Particle flocculatin and filtration by high - gradient magmetic fields, Separation Science and Technology, 1997; 32(1-4): 599~616

(下转第44页)

湿式氧化法污水处理技术的进展

梁倩文

(广州白云山制药股份有限公司白云山化学制药厂, 广州 510515)

黄广铭

(广州昊天化学集团有限公司, 广州 510655)

摘 要 介绍了药剂氧化法的 WAO 法技术处理工业废水的应用和新进展。

关键词 湿式氧化法 活性炭 催化剂

1 湿式氧化法技术简介

药剂氧化法处理工业废水, 有空气氧化法、臭氧氧化法、氯氧化法、高锰酸盐氧化法以及光辐射或放射性辐射强化氧化法等。湿式氧化法 (Wet Air Oxidation) 简称 WAO 法, 是由美国 Zmpro 公司开发^[1]。该法是将溶解或悬浮在废水中的有机物或无机物, 在温度为 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$, 相应压力保持在 $2.94 \times 10^6 \sim 1.67 \times 10^7 \text{Pa}$ 范围内, 控制反应时间在 1h 以上, 进行液相氧化的方法。WAO 法适用于处理高浓度、高毒性废水。WAO 法可采用各种密封塔 (空塔、筛板塔、填料塔等) 进行反应, 处理装置密闭, 反应完全, 因此无二次污染。但由于反应在高温高压下进行, 对设备材质要求较高。反应基本流程如图 1 所示。废水、蒸汽及压缩空气通过射流混合器后, 进入氧化塔, 塔可分四段, 段高 3m 以上, 每段进口设有喷嘴, 废水、汽、空气和段内废水充分混合, 促进塔内反应加速进行。该法采用封闭反应器, 在进行废水处理时还可回收有用物质和热量。因此, WAO 法是一种有效的, 有发展前途的废水处理方法, 应用范围日益扩大。

2 WAO 法在工业废水处理上应用

20 世纪 70 年代各国工业化迅速发展, 产生大量难于生物降解的有毒污染物, 对这

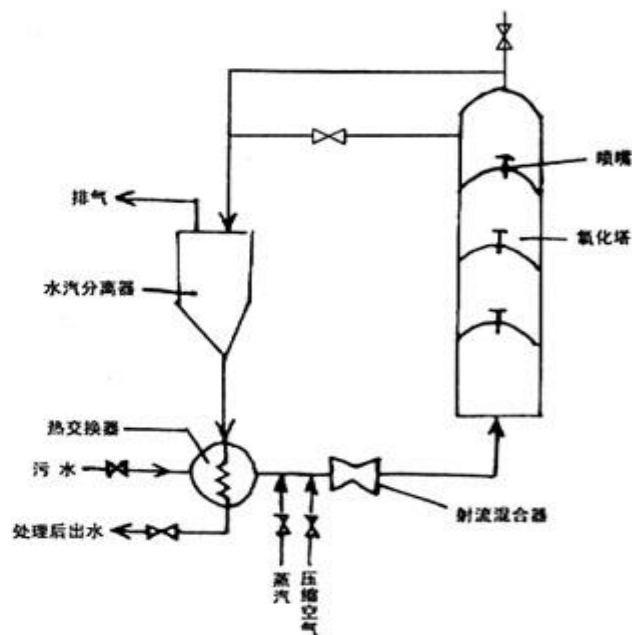


图 1 WAO 法反应流程

些物质的处理促进了 WAO 法的发展。据报道, 全世界工业规模的 WAO 法装置处理能力从每天 33m^3 到多套联用, 总处理能力为每天 1.7万 m^3 左右^[2]。采用 WAO 法可以处理甲基对硫磷、杀螟松中间体等有机磷农药废水^[2], 在 230°C 、 $5.8 \times 10^6 \sim 6.8 \times 10^6 \text{Pa}$ 压力

下,反应停留 1h,有机磷去除率 $\geq 90\%$,有机硫去除率 $> 80\%$,湿式氧化后,废水的可生化性大大提高, BOD_5/COD 的比值由 0.18~0.23 提高到 0.65~0.70,出水经生化处理后可达到排放标准。东北制药总厂应用湿式氧化法处理磷霉素生产废水的有机磷,去除率可达 99%以上。上海第五制药厂曾对多种废水进行过试验,效果良好。但以上两药厂至今未有生产装置上马。WAO 法处理棉浆黑液试验^[3],采用氧化苛化—循环工艺,在 240~250℃、 $4.5 \times 10^6 \sim 5.9 \times 10^6$ Pa 压力下,停留时间 0.7h, COD 去除 42%~48%,去色 $> 95\%$,碱回收率 90%,将生产与治污联合取得了良好效果。美、日等国已有数套 WAO 装置用于处理焦炉气洗涤液,并回收硫酸铵作为肥料出售。意大利开发了一种 WAO 法新工艺,处理己内酰胺工厂排出的含钠、硫和氯的有机废液,可回收碳酸钠和硫酸钠用作洗涤剂的填充剂和生产玻璃的原料。总之,目前 WAO 法已应用于石油化工、焦化及化工有毒废水(如有机农药、合成染料、橡胶及合成纤维、还原性的无机物、易燃易爆物质以及难以生物降解的高浓度废水)的治理。

3 WAO 法技术进展

3.1 WAO 与生化处理相结合

这种处理工艺是将 WAO 法作为一种预处理方法,通过湿式氧化将废水中的有毒物质解毒以便进行生化处理。因为单独采用 WAO 法处理高浓度有机污水,往往收不到达标排放的效果。虽然理论上可行,但达到 COD 去除近 100%时,需较长时间、较高温度和压力,相应地对设备材质要求更高,设备投资较大。因此,采用较低的温度和压力预先处理部分氧化污染物,使废水变得易于生化,再进行生化处理, COD 去除率很高,经济上更为合理。美国对农药废水进行 WAO 法处理^[2],在温度 281℃,流量 $54.5 \text{ m}^3/\text{d}$,停留时间 182min,进水 COD 110000 mg/L,出

水 COD 5200 mg/L,去除率 95.3%,其中的地乐酚进水 37.1 mg/L,出水只有 0.186 mg/L,去除率达 99.5%;马达硫磷进水 93.1 mg/L,出水只有 0.13 mg/L,去除率达 99.9%。对除草剂废水进行 WAO 法处理,在温度 245℃,流量 $54.5 \text{ m}^3/\text{d}$,停留时间 60min, COD 去除率 56.3%,除草剂副产物去除率达 98.2%~99.3%。甲苯、1,2-二氯乙烷污水经 WAO 法处理后去除率可达 99.0%,再经生化处理可达 99.9%,效果十分理想^[4]。

3.2 WAO 与生物—物理法处理相结合

这种处理工艺是将 WAO 法作为一种预处理并兼作再生活性炭,或单用作回收活性炭。有毒废水经 WAO 法处理解毒后,进入加有活性炭的生物—物理处理装置进行处理。这样既可有效减少了生化设备投资,又可用 WAO 装置再生活性炭。特别是对于不宜用于法再生的粉状活性炭,尤为适用。再生时活性炭吸附有机物在液相氧化,不产生二次污染,再生后可加以回用。WAO 法湿法再生活性炭损耗率较低,约 3%~5%,且再生时活性炭活性不下降。

3.3 催化 WAO 法

催化 WAO 法是为了提高氧化分解能力,提高处理效率,降低反应温度和压力,缩短反应时间而加入催化剂。人们对催化 WAO 法进行了大量的研究工作^[2,5,6,7]。对含有醋酸和芳香羧酸的有机废水,可以加入固体催化剂(例如载钨二氧化钛),使 WAO 在 $3.4 \times 10^6 \sim 3.9 \times 10^6$ Pa 压力和 100~270℃ 温度下进行。对含有高浓度有机物和氨的废水如煤气废水、重油造气残液、石油化工废水等可采用固体催化剂 WAO 法处理。所用固体催化剂可以含 Ti、Fe、Al、Si、Zr、Mn、Co、Ni、W、Cu、Ag、Pt、Pd、Rn、Au、Ir 和 Ru^[8]。据研究报道^[7],WAO 法铜、锰、铁氧化物的催化条件,在 Cu:Mn:Fe = 0.5:2:0.5(原子比)可以取得良好效果。催化剂载体可采用氧化铝、硅胶、硅藻土、活性炭,以固定床、

流化床或混合床形式反应。

总之,催化 WAO 法的应用范围在进一步扩大,催化剂对降低反应温度和压力,缩短反应时间,防止设备腐蚀,提高处理效率等方面起着重要作用,有许多研究工作还在进行。贵金属系列由于其高活性及稳定性已成为多相催化 WAO 法中的主流催化剂;铜系列为代表的过渡金属氧化物具有高催化活性并且廉价易得,但却存在渗出问题;稀土系列催化剂被证明具有良好的载体性能和稳定性,也表现出一定的催化活性,但不能结合其它过渡金属形成某些复合金属氧化物而解决贵金属系列的昂贵和铜系列的渗出问题^[9],这应成为目前的研究重点和方向。

4 今后的研究展望

WAO 法在国外已得到广泛重视和应用,如美国的克林顿药厂早在七十年代已应用该法处理抗生素、合成药的生产废水。国内的研究尚不够深入,应用面小,因此对于产生高浓度有毒有害废物或废水的行业,应鼓励开展 WAO 的应用研究,特别是目前缺乏成熟废水处理工艺的农药、化学制药、皮革等行业,应成为研究的重点。WAO 法是处理那些毒性太大难以采用生化法降解,而采用焚烧法处理又浓度太低的有毒废水、废液的极有效的方法,尽管目前设备投资及运行费用

较高,但随着催化剂研究的不断深入,将会研制开发出稳定、广谱、高效的多相催化剂,使得反应速度加快,提高处理效率,降低反应温度和压力从而降低设备投资和运行费用,这将使 WAO 法产生又一次突破性进展,使这一方法在环境治理中发挥更大的作用。

5 参考文献

- [1] 武文兴.湿式氧化法处理高浓度废水技术简介.兰化科技,1993;11(1):69~72
- [2] 国家环境保护局.化学工业废水治理.中国环境科学出版社,1992:14~16,216
- [3] 高峰等.湿式氧化法治理棉浆黑液中试及反应器工艺原理.化学反应工程与工艺,1988;14(3):81~88
- [4] Gerald Rappe.Chem Eng.1985;92(8):44
- [5] Nakajima, Minom et al.(Teijin Ltd.Japan)日本专利公开 Jk10113680,1998;5,6
- [6] 孙珮石等.高浓度有机废水的催化湿式氧化法处理试验研究.环境污染与防治,1999;21(1):4~6
- [7] 伊玲等.湿式氧化有机废水中锰铜氧化物催化剂的研究报告.环境科学,1986;(3):9~13
- [8] Shiota, Yusuke et al.(Nippon Shokubai Kagaku Kogyo Co, Ltd, Japan) JK1034172,1998;2,10
- [9] 谭亚军,蒋展鹏.废水处理催化湿式氧化法及其催化剂的研究进展.环境工程,1999;(4):14~18

Brier Introduction of Wastewater Treatment Technique by Wet Air Oxidation

Liang Qianwen Huang Guangming

Abstract: The paper introduces the application, new development and forecast of Wet Air Oxidation (WAO), which is one of the alternative medical oxidation in wastewater treatment.

Key words: wet air oxidation active carbon catalyst

中美土壤中重金属原子吸收测定方法差异

陈燕萍

(广州市环境保护科学研究所, 广州 510620)

摘 要 介绍了应用美国 EPA 环境监测方法测定土壤中 12 种金属元素。并与我国土壤标准分析方法进行了比较。结果表明美国 EPA 法测定值比我国现行的标准分析方法测定值偏低。

关键词 环境监测 土壤 重金属 原子吸收法

1 引言

我所近期与美国戴姆斯·摩尔公司(新加坡分部)合作,对美国在华投资项目所在地的环境本底进行了调查。戴姆斯·摩尔公司是美国从事环境评估的专业公司,为保证分析结果的可比性,该公司对环境现状监测执行美国 EPA 技术规范,本文介绍了应用美国 EPA 环境分析方法测定土壤中铅、铜、镉、锌、镍、总铬、铍、银、铊、锑、硒和砷 12 种金属元素,并与我国现行的标准分析方法进行了比较。

2 实验部分

2.1 仪器及工作条件

日立 HITACHI Z-8000 型原子吸收分光光度计,石墨炉原子吸收法测定土壤中 Cd、Be、Ag、Tl、Sb、Se、As 元素,石墨炉加热程序见表 1;火焰原子吸收法测定 Cu、Pb、Zn、Ni、Cr 元素,测定条件见表 2。

表 1 石墨炉原子吸收的仪器参数

元素	干燥		灰化		原子化		波长 (nm)	背景 扣除
	s	℃	s	℃	s	℃		
Cd	30	120	30	500	2	1600	228.8	是
Be	30	120	30	600	4	2600	234.9	是
Ag	30	120	30	500	4	2400	328.1	是
Tl	30	120	30	400	2	2400	276.8	是
Sb	30	120	30	800	2	2700	217.6	是
Se	30	120	30	1000	4	2400	196.0	是
As	30	120	30	1000	4	2800	193.7	是

表 2 火焰原子吸收法的仪器参数

元素	光源	波长 (nm)	灯电流 (mA)	燃气	助燃气	背景 扣除
Cu	空心阴极灯	324.7	7.5	C ₂ H ₂	空气	是
Pb	空心阴极灯	283.3	7.5	C ₂ H ₂	空气	是
Zn	空心阴极灯	213.8	5.0	C ₂ H ₂	空气	是
Ni	空心阴极灯	232.0	15.0	C ₂ H ₂	空气	是
Cr	空心阴极灯	357.9	7.5	C ₂ H ₂	空气	是

2.2 样品检测方法及其检测限

样品检测方法均按美国 EPA 方法进行,其检出限见表 3。

表 3 土壤分析方法及其检出限 单位: mg/kg

元素	分析方法	检出限	元素	分析方法	检出限
Ag	GFAA ₇₇₆₀	0.010	Ni	FLAA ₇₅₂₀	2.0
As	GFAA ₇₀₆₀	0.100	Pb	FLAA ₇₄₂₀	2.0
Be	GFAA ₇₀₉₁	0.020	Sb	GFAA ₇₀₄₁	0.020
Cd	GFAA ₇₁₈₁	0.010	Se	GFAA ₇₇₄₀	0.100
Cu	FLAA ₇₂₁₀	2.0	Tl	GFAA ₇₈₄₁	0.050
TCr	FLAA ₇₁₉₀	1.5	Zn	FLAA ₇₉₅₀	0.20

2.3 质控标准样品和试剂

(1) 美国砂土质控标准样品, 编号: Cat. # CRM-SA-A;

(2) 12 种金属元素标准储备液: 浓度均为 100 μ g/mL, 国家标准物质研究中心制;

(3) 12 种金属元素标准使用液: 浓度为 10~50 μ g/L;

(4) 硝酸镍溶液: 此溶液含 Ni 5mg/mL, 为基体改进剂;

(5) 硝酸镁和钼混合溶液：此溶液含 Mg1.5 mg/mL 和 Pd2.0 mg/mL，为基体改进剂；
(6) 硝酸为优级纯试剂，30% 的 H₂O₂ 为分析纯试剂。

2.4 土壤样品的制备

样品的制备方法按美国 EPA 3050 污泥、土壤消解方法进行。土壤样品采集后，于烘箱 70℃ 烘干 12h，磨碎，过 200 目筛，混匀。

2.5 样品消化

称 1.5000g 样品于 150mL 三角锥瓶中，加入 1:1 硝酸 10mL，混匀成浆状后，盖上表面皿，加热至 95℃，在不沸腾状态下，回流 10~15 min。冷却并加入 5mL 浓硝酸，再盖上表面皿，加热回流 30min。重复这一操作，直到试样全部氧化。盖上浅沟型表面皿，并在不沸腾状态下，加热蒸发至 5mL，同时要保持溶液覆盖住烧杯底部。

将试样冷却，加 2mL 重蒸水，3mL30% H₂O₂，盖上表面皿，放在电热板上微热，进行过氧化反应。加热至冒泡静止后，取下冷却。

继续加入 30% H₂O₂1mL 于样份中，并微热直至冒泡极其微小，或至试样表观不再发生明显变化。

若制备试样用于 FLAA 分析，须继续加入 5mL 浓盐酸和 10mL 重蒸水，返回到烧杯

中，并加盖后于电热板上加热。在使之不沸腾状态下再回流加热 15 min，冷却，消解液中颗粒物须过滤除去，然后用重蒸水定容至 50mL 容量瓶。

若制备试样用于 FLAA 分析，则用浅沟型表面皿盖上试样继续加热，酸化-过氧化消解，直到试液体积减少到 5mL。取下冷却，消解液中颗粒物须过滤除去，然后用重蒸水定容至 50mL 容量瓶。

3 结果与讨论

3.1 美国 EPA 土壤消解法和我国土壤全溶消解法的比较

美国 EPA 法与我国混合酸全溶法的区别主要在于样品的前处理。我国现行的土壤样品前处理方法是混合酸全溶法，即王水-高氯酸-氢氟酸法。该法处理样品较为复杂，引入酸较多，在消解过程中，样品易沾污，高氯酸、氢氟酸不易完全赶尽，但快速、高效。美国 EPA 法为硝酸-过氧化氢法，此法具有简单、选择性较好、对仪器损害较轻等优点，但处理时间较长。

我们分别对我国地球化学标准物质：编号为 GSS-6 和 GSS-7 质控样品进行了比较实验，结果见表 4。

表 4 CSS-6、GSS-7 质控样品测定结果

元素	推 荐 值		美国 EPA 3050 土壤消解法测定结果				EPA 方法偏低 (%)	
	GSS-6	GSS-7	GSS-6		GSS-7		GSS-6	GSS-7
			统计次数	平均值	统计次数	平均值		
Cu	390±6	97±2	4	348	4	71.8	10.8	26.0
Pb	314±6	13.6±1.2	4	256	4	8.56	18.5	37.0
Zn	96.6±2.4	142±5	4	79.5	4	98	17.6	31.0
Cd	0.13±0.016	0.080±0.014	4	0.106	4	0.058	18.5	27.5
Ni	53±1	276±6	4	47.7	4	177	10.0	35.9
Cr	75±2	410±9	4	21	4	112	72.0	72.7
Tl	2.4±0.3	(0.21) *	4	2.0	4	0.160	16.7	23.8
Sb	60±3	0.42±0.05	4	40.5	4	0.35	32.5	16.7
As	220±7	4.8±0.6	4	154	4	3.94	30.0	17.9
Se	1.34±0.12	0.32±0.05	4	0.768	4	0.306	42.7	4.4
Be	4.4±0.3	2.8±0.3	4	1.17	4	1.22	73.4	56.4
Ag	0.20±0.01	0.057±0.006	4	0.175	4	0.044	12.5	22.8

*：括号内数据为参考值。

表 4 实验结果表明：同一样品不同的前处理方法对测定结果影响较大。美国 EPA 固体样品前处理方法测定结果普遍地较我国混合酸全溶法低。在测定的 12 种元素中，Cr 的差异最大，偏低达 70% 以上。这是由于 Cr 存在于土壤晶格中，而美国 EPA 硝酸 - 过氧化氢硝酸解法未能把土壤晶格打开所致。其它元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、Tl、Sb、As、Se、Ag 一般偏低 4.4 % ~ 42.7 %。

3.2 质控样品的测定

我们同时对美国沙土质控标准样品（编号：Cat. # CRM - SA - A）进行了测定，测定结果符合标准含量要求，见表 5。

3.3 样品测定及回收实验结果

3.3.1 样品测定结果

美国戴姆斯·摩尔公司新加坡分公司于 1998 年 12 月委托我所对广州经济技术开发区富乐粘合剂厂土壤样品进行了环境本底监测，采用美国 EPA 的样品消化法进行测定，测定结果见表 6。

3.3.2 加标回收实验

在土壤样品中加入各种不同量的标准元素进行回收实验。实验结果表明：土壤中各种元素在标准曲线范围内的回收率为 89.0% ~ 96.0%，见表 7。

表 5 美国沙土质控样品检测结果
(编号：Cat. # CRM - SA - A)

单位：mg/kg		
元 素	标准值	测定值
Ag	/	nd
As	(< 0.002)	nd
Cd	0.023 ± 0.002	0.023
TCr	6.9 ± 0.1	6.8
Pb	6.2 ± 0.3	6.28
Se	0.29 ± 0.02	0.27
Zn	6.5 ± 0.2	6.7
Be	0.14 ± 0.01	0.13
Tl	(< 0.001)	nd
Sb	(< 0.002)	nd
Ni	1.53 ± 0.06	1.47
Cu	2.2 ± 0.2	2.4

注：nd 未检出

表 6 土壤样品中 12 种金属元素检测结果 单位：mg/kg

样品编号	Ag	As	Be	Cd	Cu	TCr	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	Zn
检出限	0.010	0.10	0.20	0.010	2.0	1.5	2.0	2.0	0.020	0.06	0.05	0.20
A - S	0.825	2.46	0.976	Nd	8.63	3.96	2.23	16.6	0.939	1.72	0.195	37.4
B - S	1.07	5.82	0.944	0.051	34.9	6.89	7.37	69.9	1.02	4.52	0.100	134
C - S	0.424	3.68	0.921	0.089	11.7	5.77	9.26	25.9	1.11	0.385	0.141	149
D - S	1.36	7.02	0.891	0.117	27.2	5.87	12.8	30.6	1.57	2.06	Nd	120
E - S	0.810	1.16	1.05	0.113	18.1	4.08	12.9	67.6	2.47	1.78	0.474	29.8
F - S	0.196	6.44	0.979	0.044	20.5	11.3	13.4	16.3	5.17	0.499	0.110	60.8
G - S	0.173	0.995	1.03	0.037	4.55	Nd	3.54	16.2	1.64	0.265	0.265	26.2
H - S	0.176	0.658	1.02	0.020	4.20	2.97	14.2	35.6	4.37	Nd	0.169	34.7
M - S	0.101	1.68	1.01	0.034	6.35	4.23	6.04	57.3	2.58	0.236	0.265	26.9
MW1 - S	0.098	1.70	1.02	0.037	6.14	4.69	6.10	56.5	2.69	0.246	0.272	25.7
MW2 - S	0.127	3.82	0.956	0.016	18.0	10.8	14.0	23.6	1.15	0.504	0.100	40.1
MW3 - S	0.219	0.611	1.06	0.071	7.13	3.01	6.15	42.8	5.56	0.100	0.479	68.7
MW4 - S	0.114	0.140	0.985	Nd	10.4	5.29	11.3	22.0	6.30	0.324	0.327	40.9

表 7 土壤样品加标回收实验结果

单位: mg/kg

元素	样品测定值	加入标准量	加入标准后测定值	回收率 (%)
Ag	0.825	0.50	1.301	95.2
As	2.46	5.0	7.01	91.0
Be	0.976	1.0	1.92	94.4
Cd	nd	0.50	0.48	96.0
Cu	8.63	10.0	18.0	93.7
Ni	2.23	10.0	11.5	92.7
Se	1.72	1.0	2.61	89.0
Tl	0.195	1.0	1.11	91.5
TCr	3.96	10.0	13.5	95.4
Pb	16.6	20.0	35.2	93.0
Sb	0.939	1.00	1.83	89.1
Zn	37.4	10.0	46.9	92.0

4 结论

鉴于美国 EPA 土壤的消解采用的是用酸浸提后, 再加 H₂O₂ 氧化的方法; 我国则采用

溶解能力很强的王水—高氯酸—氢氟酸全溶方法。这是造成前者的测定数据低于后者的根本原因。特别是存在于土壤晶格中的元素(如 Cr 等), 两者测定的结果相差更为明显。所以如果同一样品, 用两种消解方法做出的结果是不可比的。

一般认为: 存在土壤中的金属元素, 真正对环境有影响的, 是用稀酸能浸提出来的金属, 而不是用王水—高氯酸—氢氟酸全溶出来的金属。所以, 许多环境专家认为, 美国 EPA 的样品消化法是比较合理的。

5 参考文献

[1] 美国环境保护局编. 中国环境监测总站, 中国科学院生态环境研究中心, 北京市环境监测中心译. 固体废弃物试验分析评价手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 63 ~ 151

[2] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会编. 水和废水监测分析方法. 第 3 版, 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 118 ~ 215

The Difference of Atomic Absorption of Heavy Metal Detection in Soil Analysis

Chen Yanping

Abstract: 12 metal elements were detected by American EPA environmental supervising method and compared with Chinese standard method of soil analysis. The result shows that the values are accordance to the American EPA technical regulation, the EPA value is lower than the value from Chinese standard method.

Key words: EPA soil dispel fully dissolved soil dispel

UNEP 向全世界敲起警钟

联合国环境规划署 (UNEP) 发表地球环境概况 2000, 是下一千年人类面对环境问题最有权威的评价报告书。报告书指出 90 年代后半期大气中 CO₂ 浓度是过去 16 万年间最高值。认为防止地球气候变暖对策迟了, 东京协议书目标难以达到。目前全世界每年有 350 ~ 500 万人受到农药急性中毒等农药和二

恶英等化学物质严重污染。假如保持现有的速度, 2050 年环境中有害物质可能是现在的 3 倍以上。并指出全世界水资源严重不足, 预测 2050 年世界人口 2/3 受到水不足烦恼, 亚洲从工厂和汽车排出 SO_x、NO_x2030 年是 1990 年的 4 倍以上。

洪蔚

广佛公路机动车 排放有机污染物监测与研究*

叶兆贤 简颖涛

(广东省南海市环境保护监测站, 南海 528200)

祁士华 吴文勇

(中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广州 510640)

摘 要 对广佛公路两侧气溶胶中有机污染物进行监测调查, 发现气溶胶中具有较高含量的茚、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并[a]蒽、蒾、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、茚并[1, 2, 3-cd]芘、二苯并[a, h]蒽、苯并[g, h, i]芘等。通过 TSP 研究认为, 主干道的机动车排放和扬尘是气溶胶的主要来源, 多环芳烃从机动车排放出后在迁移扩散过程中有因质量数差异而发生分离效应。通过对比可知, 该区域测点多环芳烃有机污染物极大程度地高出环境背景区。

关键词 主干道 气溶胶 多环芳烃 背景

1 前言

在珠江三角洲城市内燃煤不是主要能源, 主干道上的机动车排放成为城市大气气溶胶中的多环芳烃(PAHs)主要来源之一。近年来由于广州西郊的南海市经济迅猛发展, 机动车数量突增至近 40 万辆。作为县级市, 拥有独立的车牌号粤 Y, 全国仅此一例。另一方面, 出入广州市西线的所有机动车均途经该市, 这给南海市大气有机污染产生附加压力, 由此而引发了城市及城镇较为严重的大气有机污染问题。为此, 于 1999 年 3 月 20 日至 23 日在广州市西郊南海市境内广(广州)佛(佛山)公路起点附近进行了大气气溶胶中有机污染物监测与研究。

2 采样

在广佛公路起点附近选择了四个采样点, 位于公路两侧, 分别距公路 10m(路南)、10m(路北)、100m(路北)和 1000m(路

北)。采样分两种时间类型, 一种为白天和夜晚分别采样, 另一种为连续 24h 采样, 累计采集样品 16 件。气溶胶样品用标准大体积总悬浮颗粒物(TSP)采样器及 8"×11"石英纤维滤膜过滤(2500 QAT, UP model, Pallflex Products Corp.)收集。采样时气体流速和采样前滤膜的预处理参照有关规范。

为了解释气溶胶的特征, 在样品采集的同时对天气参数、挥发性有机物(VOC)及 NO_x、SO₂ 和车流量(表 1)也进行了测定和收集。

表 1 采样时间内主干道车流量(辆/小时)

日期	1	2	3	4	5
	7:30 ~ 8:15	10:30 ~ 11:15	14:15 ~ 15:15	16:45 ~ 17:30	0:00 ~ 0:45
20/3	3324	4795	4496	5005	1395
21/3	2852	4487	雨天缺测	雨天缺测	1326
22/3	3536	4062	4290	4827	1230
23/3	3482	4538	雨天缺测	雨天缺测	1313

3 样品分析

用二氯甲烷对气溶胶样品进行超声波抽

收稿日期: 1999-08-11

* 该课题得到国家重点实验室基金资助, 课题基金号: OGL-9710

提。通过充填有硅胶的色谱柱对抽提物（可抽提有机物）作分离，分离出烷烃、芳烃和极性组分。用带 FID 的气相色谱仪对 PAHs 组分进行分析，进一步工作用的是 HP5972A 气相色谱-质谱（GC-MSD）。参考 US EPA 方法之 610 的 QA/QC，使用了 16 种多环芳烃（萘、苊、二氢苊、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并（a）蒽、蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1, 2, 3-cd）芘、二苯并（a, h）蒽、苯并（ghi）芘）的标准混合物，其单个 PAHs 的纯度达 98%。

在样品操作中，抽提物和芳烃组分均被干燥恒重 24h 后作称重处理。在进行 GC 和 GC-MS 分析之前，样品中均加入了一定体积的 20mg/ml 的六甲苯（I.S.）作为内标。经 GC-MS 分析，其中一个样品分析结果如图 1^[3,4]。通过 GC 对分离出的正构烷烃进行了定量分析（图 2）以作污染物来源研究。

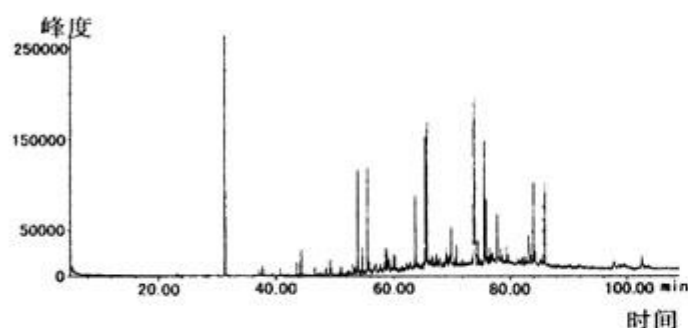


图 1 大气气溶胶中多环芳烃 GC-MS 分析总离子流图

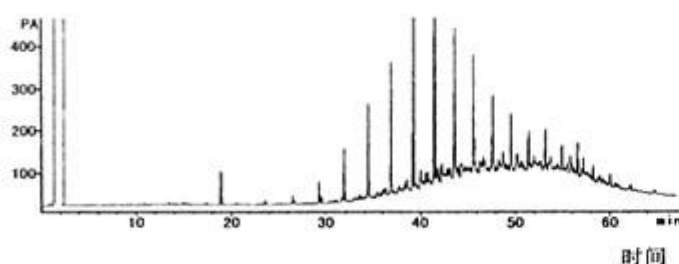


图 2 大气气溶胶中正构烷烃 GC 分析色谱图

4 结果与讨论

4.1 样品的检测结果

在气溶胶样品中检测出包括 US EPA 优

控污染物在内的 70 多种 PAHs，其中优控污染物 PAHs 的含量较为突出。通过定量分析，气溶胶中优控 PAHs 含量分别为苯并（a）蒽 1.04 ~ 5.63 ng/m³、蒽 3.83 ~ 10.26 ng/m³、苯并（b）荧蒽 6.05 ~ 19.11 ng/m³、苯并（k）荧蒽 4.69 ~ 16.42 ng/m³、苯并（a）芘 1.42 ~ 19.42 ng/m³、茚并（1, 2, 3-cd）芘 6.07 ~ 28.84 ng/m³、二苯并（a, h）蒽 2.03 ~ 10.53 ng/m³、苯并（ghi）芘 6.56 ~ 39.26 ng/m³。气溶胶中 PAHs 的浓度随采样地点和采样时间而变化。

4.2 采样地点的含量分布特征

由于有机污染物来源于广佛公路机动车，所以在风力吹动条件下，处于下风位气溶胶中的有机污染物均高于处于上风位的样品（图 3）。以苯并（a）芘为例，下风位样品中

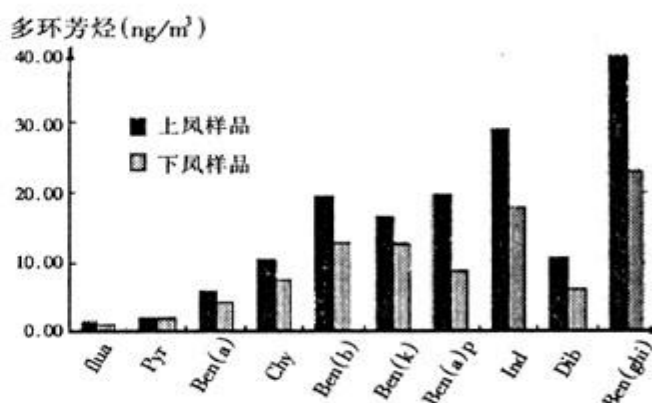


图 3 大气气溶胶中多环芳烃主要组分上、下风位置含量分布

的含量是上风位的 2.26 倍。这一方面反映出公路机动车排放的危害性，另一方面体现了气象因素对污染有机物分布的影响。对部分多环芳烃按质量数从小到大为序将下风位样品中的多环芳烃含量分别与上风位的进行对比（图 4）。从图中可以发现，比值随质量数增大存在上升的趋势，这说明多环芳烃从机动车排放出后有因质量数差异而发生分离效应。其表现为轻质多环芳烃因活性相对较大而多向迁移、重质的因活性较小而有序迁移的特征。

4.3 采样时间的含量分布特征

监测时段内天气稳定、都为阴天，因光

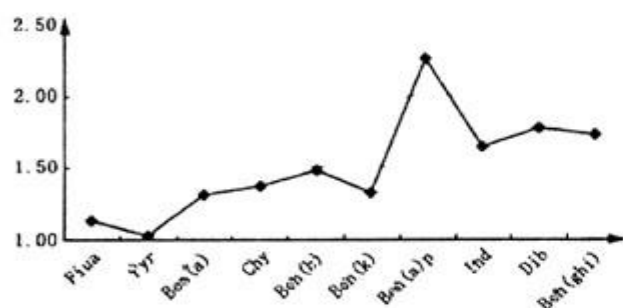


图4 上、下风位置气溶胶样品中多环芳烃比值

照使各污染物发生光降解而影响其监测浓度的因素甚微^[4]。但公路上的机动车流量昼夜间存在差异(如表1),所以部分样品采集也分日夜分别进行。一般白天采样时间为8:00至当日18:00,夜间采样时间为18:00至次日8:00。从监测的数据可反映出,同一采样位置昼夜气溶胶样品中多环芳烃含量存在明显差异,白天的高于夜间的含量(图5)。以苯并(a)芘为例,白天气溶胶中的含量是夜间的1.56倍。这可能与夜间车流量相对小些或交通状况好些有关。同样,对部分多环芳烃按质量数从小到大为序将白天样品中的多环芳烃含量分别与夜间的进行对比(图6)。图中显示,白天与夜间气溶胶中多环芳烃的比值较为稳定。这与前述之图4有较大的差别,同时也体现了在稳定气象条件下机动车排放对周围环境污染的程度相对稳定。

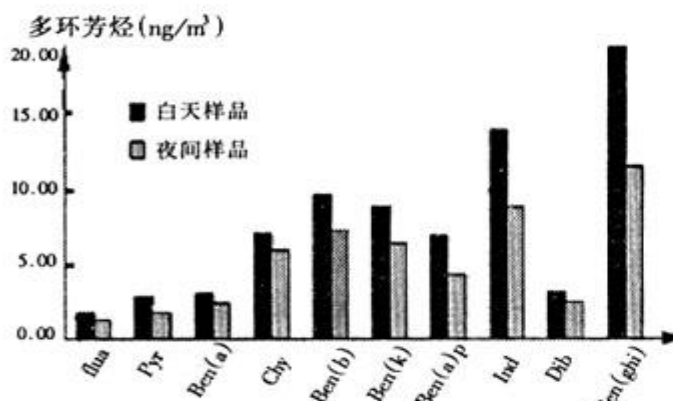


图5 大气气溶胶中多环芳烃主要组分昼、夜含量分布图

5 结论

(1) 通过对广州市区西郊南海市境内广佛公路上气溶胶中污染有机物(多环芳烃)监测发现,由于机动车运行的存在而使下风位的多环芳烃在气溶胶中的含量大大高于上

风位的含量;由于机动车流量的昼夜差异也使得白天多环芳烃在气溶胶中的含量大大高于夜间的含量。认为机动车对环境有机污染物的产生起重要的作用。

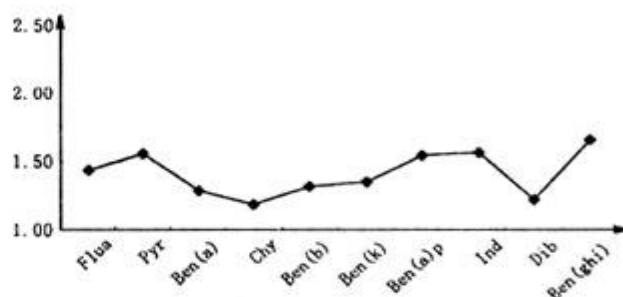


图6 昼、夜间气溶胶样品多环芳烃比值图

(2) 通过同一采样时间内不同采样位置(下、上风位)气溶胶中多环芳烃含量的比较,发现多环芳烃从机动车排放出后有因质量数差异而发生分离效应。其表现为轻质多环芳烃因活性相对较大而多向迁移、重质的因活性较小而有序迁移的特征。但同一位置昼夜间不存在因质量数不同而分异现象。这对多环芳烃在大气中的迁移和扩散现象研究很有意义。

(3) 在进行该项研究后,作者以肇庆市鼎湖山自然风景区为珠江三角洲地区大气质量背景进行监测研究。通过对采样点连续24小时的监测样品进行对比(图7),该监测点

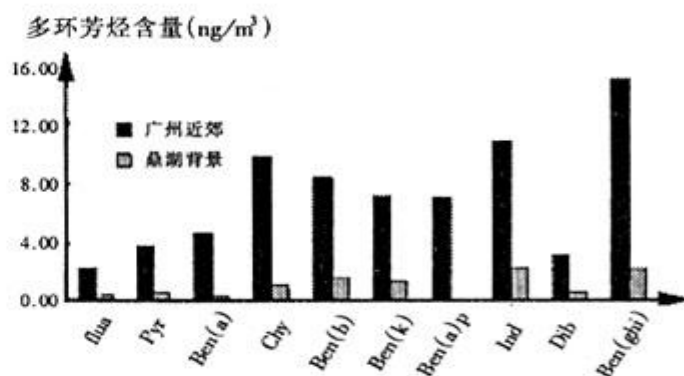


图7 大气气溶胶中多环芳烃主要组分在广州近郊及鼎湖背景中含量分布

多环芳烃有机污染物极大程度地高出环境背景区。以苯并(a)芘为例,该点是背景的229倍,苯并(a)蒽是背景的18倍,其它组分均在5倍以上。在此,提出在现有机动车

尾气监测的常规内容之上, 应开发或探索机动车尾气的有机污染物监测。在该点研究中, 作者同时测定了大量的正构烷烃数据。正构烷烃在对人类健康有毒害作用 (致皮肤癌的危险)^[5]。经对其研究发现与多环芳烃相类似的特征, 由于篇幅有限在此不加叙述。

6 参考文献

- [1] Durlak S K, Biswas P, Shi J et al. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons particulate and gaseous emissions from polystyrene combustion. *Environ. Sci. Technol.* 1998; 32: 2301 ~ 2307
- [2] Xu X B, Chu S G, Song N. Review: Application of

chromatographic studies of air pollution in China. *J. chromatography A.* 1995; 710: 21 ~ 37

- [3] Peltonen K., Kuliukka T. Review: Air sampling and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons. *J. chromatography A.* 1995; 710: 93 ~ 108
- [4] 成玉, 盛国英, 傅家谟等. 大气气溶胶中多环芳烃的定量分析. *环境化学*, 1996; 15 (4): 360 ~ 365
- [5] 潘相敏, 祁士华, 陈立民等. 气溶胶中多环芳烃的光降解研究. *复旦学报 (自然科学版)*, 1999; 38 (1): 119 ~ 122
- [6] 成玉, 盛国英, 闵育顺等. 珠江三角洲气溶胶中正构烷烃分布、来源及其时空变化. *环境科学学报*, 1999; 19 (1): 96 ~ 100

Organic Pollutant Monitoring and Study of Vehicle Exhaust in Guang - Fo Road

Ye Zhaoxian Jian Yingtao Qi Shihua Wu Wenyong

Abstract: There are high contents of fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo [a] anthracene, chrysene, benzo [b] fluoranthene, benzo [k] fluoranthene, benzo [a] pyrene, indeno [1, 2, 3 - cd] pyrene, dibenzo [a, h] anthracene and benzo [g, h, i] perylene in aerosols by analysis PAHs using GC - MS. It is suggested that aerosols mainly come from vehicle exhaust and fly dust. Owing to the variation of molecular weight, PAHs separation occurs in the progress of migration and diffusion. By comparison, PAHs organic pollutant in monitoring region is much higher than the background.

Key words: main road aerosol PAHs background

高效植物除氮碱新技术

日本日立制作所和大林组共同开发用超导磁石的磁过滤器和芦苇等种植组合去除氮和碱的成套设备。由于使用强力超导磁石, 电耗只有一般磁石的

1/10, 加上植物的净化作用, 水中碱去除率可达 80%、氮 70%。

洪蔚

垃圾制液化燃料新技术

美国得克萨斯公司开发成功将垃圾和污泥制液化燃料新技术。该技术是将垃圾和污泥磨碎破坏细胞膜, 回收热和 H₂ 等有用成份制成液化燃料。液化

燃料加工成本只有垃圾固型燃料的一半以下, 而且低热量垃圾也能利用。今后向发电厂等普及, 实现零排放。

洪蔚

浅谈流溪河白云区段水环境现状与保护

梁 劲

(广州市白云区环境保护局, 广州 510405)

摘 要 通过对近十年流溪河白云区段水环境现状分析与评价, 提出了保护对策与建议。

关键词 水环境 现状 保护 流溪河

1 前言

流溪河是流经白云区境内的重要河流之一, 也是广州市的重要饮用水源, 由从化太平桥流入, 经钟落潭、竹料、人和、蚌湖、新市、江高、石井 7 镇, 于鸦岗三江口汇合入珠江西航道, 全长 54 km。其间有鹿颈坑、凤尾坑、良田坑、磨刀坑、兔岗坑等 6 条主要支流, 及钟落潭水厂、江高水厂等各镇吸水点。因此, 保护流溪河是事关全市人民生活和社会经济发展的重任。

2 近十年来流溪河白云区段水环境现状

2.1 全河段水质受有机污染

1991 ~ 1998 年流溪河白云区段自上而下共设太平桥、人和桥、江村桥三个监测断面, 其中江村桥为广州市饮用水源控制断面。各断面设左、中、右三个采样点组合成一个混合水样, 1999 年按点位优化要求, 人和桥、江村桥分别设左、右两个断面, 水样不混合, 且每个水期按不同潮汐时间各采样两次。

按《广州市水功能区划》(穗府[1993] 59 号), 流溪河人和坝至广州河段西航道执行国家《地面水环境质量标准》(GB3838-88) II 类, 上游(太平桥)执行 III 类^[1]。

1991 ~ 1999 年流溪河白云区段水质监测数据表明, 其石油类年平均浓度均超标, 高锰酸盐指数、亚硝酸盐氮、生化需氧量浓度出现超标, 且氨氮近年来呈现污染上升趋势, 江村桥饮用水源市控断面大肠菌群 100% 超标。

2.2 白云区仍有较多电镀厂, 重金属污染不容忽视

1995 年至今白云区共关闭 23 家区属电镀厂, 现仍有近 50 家电镀厂, 其中有 22 家位于流溪河流域范围内。虽然电镀厂减少了, 车间数和废水排放量却没有相应减少。据统计, 1995 年电镀行业共排放 30 万 t 废水, 1999 年排放 43 万 t 废水, 其中流溪河流域范围内排放近 30 万 t 废水。据广州市站所提供的鸦岗断面 1999 年的底泥分析表明, 积聚的各种金属均比 1988 年有不同程度提高, 说明需要防范重金属污染事故隐患。

2.3 工农业及第三产业的发展 and 沿岸人口的不断增加, 已经危及饮用水源

流溪河白云区段从上到下不断接纳工农业、第三产业、居民生活等污水排入, 并随其发展与增加, 水质逐渐变差, 污染程度加重(见表 1)。

表 1 1998 年流溪河白云区段水质沿程变化
(mg/L)

项目	溶解氧	高锰酸盐指数	氨氮	硝酸盐氮
太平桥	7.4	1.54	0.16	0.44
人和桥	6.9	1.87	0.48	0.51
江村桥	6.1	2.46	0.84	0.68

以钟落潭、竹料等 7 镇人口为例, 1995 年 43.8 万人, 1998 年增至 47.8 万人, 按人均 $0.544\text{m}^3/\text{d}$ 用水量和 200mg/L 化学耗氧量计, 三年就增排 794 万 t 生活污水和 1589 t 化学耗氧量。

3 加强流溪河白云区段保护

3.1 强化现有污染源管理, 减少污染物排放

流溪河白云区段江村水厂以上区属企业有电镀化工厂 30 家, 印染厂 9 家, 禽畜养殖(屠宰)场 4 家, 水泥厂 1 家, 造纸厂 7 家, 多属“十五小”企业, 规模不大, 管理不力, 偷排现象时有发生。环保部门应强化执法管理, 坚决按照中央决定关闭污染严重的“十五小”企业, 杜绝电镀、造纸、纺织、印染等重污染企业存留在饮用水源保护区内; 认真落实《广州市建设项目控制新污染实施办法》和《广州市饮用水源污染防治条例》; 加强现有污染源治理, 确保治理设施正常运行, 严禁偷排; 激励现有企业进行技术革新, 引进和采用先进生产工艺, 提高废水重复利用率, 发展清洁生产。

3.2 加强生活污水和农用水污染防治

流溪河白云区段自上而下有机污染逐年增加, 流域生活污水和农灌用水无组织排放不容忽视。全区除新建机场安置区建了污水处理设施外, 没有一座大型生活污水处理厂。区内新建、改建及村镇建设要严格规划并认真落实, 市政排水管网要实现雨污分流, 污

水要引至市区城市污水处理厂治理达标后排放。基础、工程建设要加强水土保持、生态保护和景观建设, 清除违章建筑, 纠正不合理布局。

3.3 加强法规、体制建设

流溪河保护要结合全市社会经济发展总体规划 and 环境保护规划, 以饮用水源保护为中心, 制定和执行相应的法规、体制; 要运用行政、经济、技术、法律等手段, 对人们的社会经济活动进行管理, 实现水资源利用与环境保护的协调发展; 要健全管理体制, 组建统一监督部门, 扭转和纠正目前多部门交叉管理, 又各自为政的混乱局面; 要完善水污染防治措施, 把废水工程处理设施(尤其是运用安全有效的污水生态处理技术)、污水治理达标排放和水环境自净能力(水环境容量)有机结合起来, 发挥其社会、经济和环境综合效益^[2]。

4 结束语

随着社会经济的的发展和人口的增长, 生活污水排放量剧增。虽然广州市过境水量丰富, 但日益严重的水污染已造成“水质性”水资源短缺。目前流溪河取水量约占广州市区总水量的 73%^[4]。因此, 加强流溪河水资源保护已显得十分紧迫。

5 参考文献

- [1] 广州市人民政府环境保护办公室. 环境保护法规汇集. 1992~1993
- [2] 朱国宏. 通向可持续发展的道路(中国人口、资源与环境的协调发展研究). 复旦大学出版社
- [3] 广州市环境保护局. 广州市环境质量报告书. 1996、1997、1998
- [4] 罗家海等. 广州市水资源面临的问题及对策. 1997; 12(2): 1~5
- [5] 广州市环境保护科学研究所. 广州市水环境背景特征和水污染综合防治规划. 1989

东山区小型饮食业大气污染及其防治对策

李向红

(东山区环境监测站, 广州 510080)

摘 要 对东山区小型饮食企业现状进行调查研究的基础上, 总结了区内小型饮食业的普遍特点, 对其产生的大气污染进行了分析, 并有针对性地提出了污染防治对策。

关键词 饮食业 污染 对策

东山区是广州市四个老城区之一, 位于城市中心地带。近年来, 随着城市建设的发展, 原来设在区内的工业项目逐渐迁出, 第三产业已成为区内经济的主导项目。其中饮食业项目已成了主要污染源, 目前区内的饮食业又以小型项目为主, 且小型饮食业项目在饮食业污染源项目中占较大比重的现象仍在继续。以 1998 年的统计数字为例, 全年各类新增污染源项目有 169 间, 其中小型饮食业项目就有 100 间, 占当年新增项目总数的 59.2%。可以说, 目前东山区内, 小型饮食业项目已经形成量大、面广的局面。

1 小型饮食业污染源的特点

目前东山区内的小型饮食业的特点是: 规模小、数量多、分布广、经营品种简单。

小型饮食业的建设选址大多在原来的居民住宅内, 场地的限制形成了这类企业规模小的特点。统计数字表明, 这些小型项目面积一般都不超过 100m², 餐位数量在 50 位以下, 其经营品种必然就比较简单, 粥、粉、面、快餐等一些不需要大场地, 投入相对较少的项目就成为这类行业的经营者最为青睐的经营形式。同样, 由于其规模小, 场地要求不高, 需要的投入少, 也给这类行业的发展提供了便利条件。于是大量的小型饮食业

就出现在区内的各个角落。无论是闹市街头还是深入居民区的小巷, 这类项目可以说是星罗棋布, 遍地开花。在东山区内, 这一类小型饮食业项目达数百间之多。

2 小型饮食业对大气环境的影响

小型饮食业造成的大气污染可以根据其产生原因划分为两大类: 一类是燃料燃烧时产生的燃烧尾气, 一类是食品加工过程中产生的油烟和气味等。市政府颁布实施《关于饮食服务业使用清洁能源的通告》后, 1999 年 7 月以后区内小型饮食业已基本采用液化石油气作燃料。燃烧液化石油气比燃烧柴油等燃料所排放的尾气, 污染物已明显减少, 但仍存在一定的污染, 液化石油气燃烧后尾气的主要成分见表 1。

表 1 液化石油气燃烧后尾气的主要成分 (g/kg)

颗 粒 物	0.35	CH ₄	0.16
硫氧化物	0.011	NO ₂	1.0 ~ 1.9
CO	0.40	HCHO	0.17

这些尾气成分大部分是无色无味的, 一般不容易察觉。

油烟是粒径为 0.01 ~ 0.1 μm 的气溶胶^[1]。油烟中包含至少 75 种以上的有机化合物, 如烷烃、羧酸、烯酸、醇类、烯醇类、呋喃、

脂、酰胺、多环芳烃、留醇类以及残留农药等^[2]。油烟的气味则是由以上组分中具有气味的部分形成。实际上当这些物质在空气中达到一定浓度,超过了正常人的味阈范围,就会给人群带来不小的影响。比如有的气味会明显造成人的不适,并使人因精神不安而导致各种疾病恶化,有时还会引起头疼、恶心、食欲不振等一系列问题。尤其在采用爆炒、煎炸等高温烹饪方式时,油烟中的“致癌、致畸、致突变”的物质将明显增加。研究表明:当油温在 300℃ 以上时,油烟中的“三致”物质所占比例可达 11%^[3]。

群众对油烟和气味等对其生活环境的影响格外关心,担心建设单位对上述问题不能采取有效的措施治理,会对群众的正常生活、身体健康等构成威胁。1998 年东山区环保局接获群众投诉反映油烟问题占 33.6%, 1999 年上升到 55.4%。

由于液化石油气是相对清洁的燃料,燃烧比较完全,应用效果也比较好,在目前尚无更好的替代能源的情况下,对于小型饮食业废气污染防治,起了一定的作用。

3 防治对策

3.1 抓紧贯彻国家新颁布的《饮食业油烟排放标准》

国家环保总局最近已发布了《饮食业油烟排放标准(试行)》,结束了长期以来油烟污染无据可依的被动局面,当务之急,政府环保部门要抓紧贯彻这一新标准。一是要开展对贯彻新标准工作的宣传,使各饮食企业掌握该标准的内容、适用范围及油烟的最高允许排放标准;二是要组织环境监测部门对本区域饮食业油烟排放状况进行一次全面的调查,对照新标准,分析油烟排放的超标程度;三是要组织制定各种有效管理措施,对超标排污单位进一步加强管理。

3.2 立足现有条件,推广成熟有效的治理技术

目前,最为常见的两种治理方法是吸附

和吸收。从净化原理上讲,吸收法是采用液体吸收剂对废气中的可溶性组分进行吸收,同时除去废气中悬浮的小液滴或小的固体颗粒。采用这种方法治理油烟可以去除燃烧废气中的一部分水溶性组分如 SO_2 , NO_x 等,以及油烟中的一部分液相或固相的小颗粒,具体处理方法包括运水烟罩和水喷淋等。而吸附法则主要处理一些大分子量的有机化合物,该法对油烟中形成气味的组分有良好的去除效果。常见的如活性炭吸附法,对气味浓度较低的气体使用床厚为 13mm 左右、较高浓度气体使用床厚为 25~50mm 的活性炭吸附层,当气体单位流量为 $732\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ 时,对气味去除效率可以达到 90%~97%^[4]。吸附法还可以进一步去除油烟中余下的一些大颗粒状组分,从而达到二次净化效果。此外,有关文献中还提到静电除油烟这种新的治理技术。经静电净化后油烟浓度一般可以小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。这种方法的缺点是投资较大,电极清洗也有一定的难度^[5]。

因此,从技术成熟程度和成本效益等方面考虑,在小型饮食业企业中可以推广液体吸收和活性炭吸附串联的净化工艺,对现有的污染源项目实施治理,以减轻其造成的污染。目前区内采用这种方法的新月酒家在油烟治理方面就取得了较好的效果。另外,还要进一步开发新的处理方法和工艺,以求达到最佳的治理效果。

3.3 遏制新污染源的形成,促进小型饮食业的改造和淘汰更新

除了立足现状治理以外,可以加强规划管理方面的工作,在报建审批环节上加大把关的力度,减少新污染源的产生。大量小型饮食业存在小、散、多的特点,实际上是一种粗放型经济模式。这一类型的企业会由于其本身固有的弱点带来种种问题,比如在治理环节上,由于项目本身规模小,投资少,当遇到要其投入一定的资金上治理设施的时候,往往会遇到店主不愿投资的问题,如果

因污染引起了环境纠纷,一般都比较尖锐,这就为管理带来种种麻烦。而且当这些项目设在居民区内的时候,其产生的污染又因为环境的局限难以扩散自净,极不利于局部空气质量的改善。因此,应该在源头上对这类项目加以限制,避免大量新污染源滋生,使这类项目在得到控制的前提下有序地发展,可以起到事半功倍的效果。

另外,还应对现有的小型饮食业项目进行淘汰更新,把那些长期存在问题、又无力采取有效措施改善的旧项目清理掉,以达到还居民一个良好的生活环境的目的。

东山区在五羊新城创建环保模范小区的工作中就采取了淘汰更新的办法,通过长期做工作,把十余间位于居民楼底层,而且长期存在污染扰民问题的老大难项目进行了坚决的清理,收到了很好的社会效益。

4 总结

在有了适当的有力法律法规作武器的条件下,通过加大管理的力度,走治理与加强

规划和改造并举的道路,才能较好地解决小型饮食业环境的大气污染问题,还群众一个清洁的大气环境,真正做到为群众着想。

5 参考文献

- [1] Wolfgang, F. Rogge et al. Source of Fine Organic Aerosol I. Charbroilers Meat Cooking Operations. Environ Sci Technol, 1991; (25): 1112 ~ 1125
- [2] H Tang, E A Lewis et al. Determination of The Particle Size Distribution and Chemical Composition of Semir - Volatile Organic Compounds in Atmospheric Fine Particles with A Diffusion Denuder Sampling System. Atmospheric Environment, 1994; 28 (5): 939 ~ 947
- [3] 烹调食品中蛋白质、氨基酸热解产物——杂环胺 II 形成机制,检测方法和含量水平. 国外医学, 1993; 20 (5): 286 ~ 289
- [4] 台炳华编著. 工业烟气净化. 第二版, 冶金工业出版社, 112 ~ 113
- [5] 武汉市环境保护科学研究所. 武汉市饮食行业动植物油烟排放标准编制说明. 5

(上接第 28 页)

Development Trend of Magnetic Separation Technology in Wastewater Treatment

Wei Chaohai Xie Bo Xu Xueqing Chen Yong

Abstract: The theory and development of magnetic separation technology in wastewater treatment have been systematically analyzed. The theory of high gradient magnetic filtration has been expounded and the key points and factors in designing wastewater treatment by high gradient magnetic filtration have been also discussed. The technology of superconducting magnetic separation and vortex magnetic separation has been summed up.

Key words: waste water treatment high gradient magnetic filtration superconducting magnetic separation vortex magnetic separation

SPSS 软件在环境保护上的应用

李明顺

(广东省环境监测中心站, 广州 510045)

摘 要 SPSS 是功能强大、使用简便的专业统计软件包。文章简述了其基本功能及其在环保统计报表、环境统计分析与预测、环境参数比较、统计作图等方面的应用, 并举例说明。

关键词 SPSS9.0 环境统计 回归分析

1 SPSS 软件简介

SPSS (Statistical Package for the Social Science) 是由美国 SPSS 公司从 80 年代初开发的大型统计软件包。最初的几个版本是基于 DOS 环境的, 其命令和语法规则较复杂, 用户界面不很理想。90 年代以来, 随着 Windows 操作系统的普及, SPSS 公司于 1992、1993、1994 年相继推出了基于 Windows 系统的 5.0, 6.0, 6.1 版本, 在操作界面上作了很大的改进。随着 32 位 Windows 操作系统的出现, SPSS 公司紧跟潮流, 分别于 1995、1996、1997 年推出了基于 Windows 95/NT3.5 的 7.0, 7.5, 8.0 版本^[1]。1998 年, 微软发布 Windows98, SPSS 公司又于 1998 年 12 月推出了新的 SPSS9.0 for Windows 98/NT4.0 版本。SPSS9.0 除了保持以前各版本的优点外, 其鼠标操作极其简便, 人机界面特别友好, 各种统计分析和作图都直接通过菜单完成。其主要特点^[2]有:

(1) SPSS9.0 具有完整的数据输入 (Data Editor)、编辑、统计分析 (Analyze)、报表、图形制作 (Graphs) 等功能。

(2) 操作十分简便, SPSS9.0 工具栏提供了各种操作按钮, 方便用户进行不同的操作, 用户也可根据自身需要增加或减少操作按钮。事实上, 你只要通过菜单告诉系统要

做什么, SPSS 会引导你通过操作按钮完成任务 (当然, 对某些统计操作, 你应具备相应的统计知识)。同时, SPSS 可记忆用户最近打开过的文件和执行的各种统计分析和绘图操作, 需要时, 可将其语法程序显示出来, 供你核对或编程时参考。

(3) SPSS9.0 能够读取 13 种 (如 Excel, Lotus, dBase) 和输出 14 种格式的数据文件; 能够把 SPSS 的图形转换成 7 种图形文件; 结果文件可保存为 TXT 及 HTML 格式的文件。

(4) 统计结果自动在结果浏览器 (Output Navigator) 中显示, 该浏览器类似于 Windows 资源管理器, 收放自如, 在其中可对各类统计过程产生的数据统计表、图形以及文本结果方便地实现修改、移动、复制、删除、输出等操作。

(5) SPSS9.0 自带 136 个函数, 能充分满足多方面用户的需要。

(6) 根据统计学的发展和用户的需要, SPSS9.0 吸收了统计学的最新研究成果, 增加了一些新的统计功能。通过 SPSS9.0 可直接连接 Internet, 访问 SPSS 公司主页 (www.spss.com), 同时 SPSS 的输出结果可以转换成 HTML 格式。

(7) 在使用过程中可非常方便地获得各种帮助信息, 所有菜单选项都提供帮助信息

(文字说明与应用举例)。对于初学者,统计辅导(Statistical Coach)和自学教程(Tutorial)可带你入门。高级用户则可从语法指南(Syntax Guide)中得到详细的语法指导和大量的源程序。

SPSS9.0的核心部分为统计分析模块(Analyze)和作图模块(Graphs)。统计分析模块有13个主命令,52个子命令。作图模块能提供17种基本作图类型,可绘制35种以上图形。

2 SPSS在环保统计上的应用

2.1 统计报表与综合分析

在对原始数据进行完整性和准确性检查之后,可用SPSS来做统计报表和进一步的分析。从主菜单中选用Analyze $\Rightarrow$ Reports,可有4种功能选项:成行分层分析(OLAP Cubes)、案例综合分析报表(Case Summaries)、按行综合统计报表(Report Summaries in Rows)、按列综合统计报表(Report Summaries in Columns)。你可根据自己的需要任意筛选、排序数据,并按行或列来进行综合统计分析和报表。如统环年1表《各地区工业“三废”排放及处理利用情况》,以广东省1995年为例,表头可为工业废水排放总量、工业废水达标量、工业废水处理率、工业废气排放量、工业固体废物产生量、工业固废综合利用量等统计分析变量,主体部分是广东省21个地级市。数字资料是各市相应指标的数值。选用案例综合分析报表(Analyze $\Rightarrow$ Reports $\Rightarrow$ Case Summaries),按需要选择你想要进行统计分析的变量,你即可得到包括原始数据在内、多达21个综合分析值(总个数、总和、最大(小)值、多种平均值、步长、标准差、方差、百分比、陡度 Kurtosis、偏斜度 kewnness等)的统计报表。

2.2 环境统计分析与预测

环境科学研究中一大部分是对环境问题进行分析、预测。常用的统计分析方法如相

关分析、回归分析、时间序列分析、概率预测法等,在SPSS中得到了全面的开发(遗憾的是,SPSS9.0以前的版本才有时间序列分析功能,而在SPSS9.0中取消了该功能)。下面重点介绍回归分析的应用。回归分析方法有一元线性回归、非线性回归、多元线性回归以及多元非线性回归。从主菜单Analyze进入回归选项Regression,出现8项子菜单:线性回归(Linear)、曲线参数估值(Curve Estimation)、二值多元Logistic回归(Binary Logistic)、多项多元Logistic回归(Multinomial Logistic)、概率单位预测法(Probit)、非线性回归(Nonlinear)、权重估计法(Weight Estimation)和二阶最小二乘法回归(2-stage Least Squares)。线性回归可很方便地引入多个自变量进行多元线性回归分析,并提供了5种建立回归方程的办法:强迫引入法(Enter)、逐步回归法(Stepwise)、强迫剔除法(Remove)、后向逐步法(Backward)、前向逐步法(Forward)。统计模块可自动进行残差分析及显著性水平检验,并能作图,输出的统计量有:回归系数、复相关系数、F值、方差分析表(ANOVA)等。曲线参数估值能自动拟合11种曲线(线性方程、对数曲线、逆曲线、二次曲线、三次曲线、混合曲线、幂函数、S型曲线、Logistic曲线、生长曲线和指数曲线),除了给出参数估计值和图形外,还能给出模型的多重相关系数, R^2 ,校正 R^2 ,标准误,方差分析表。环保科技工作者可根据研究项目的性质、专业知识、以往经验或散点图的分布来确定最适宜的分析方法。

2.3 环境参数的比较

在环境监测、环境调查和实验研究中常遇到两组或多组计量资料的比较问题,如不同时间(季节)与空间(监测断面)各自监测数据之间的比较,多组试验观测值与空白对照值的比较等,这属于统计学的假设检验范畴。假设检验分参数检验与非参数检验。在SPSS9.0主菜单中,从Analyze $\Rightarrow$ Compare

Means, 可找到单样本 t 检验 (One-Sample T Test), 独立样本 t 检验 (Independent Samples T Test), 配对样本 t 检验 (Paired-Samples T test), 单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 选项。从 Analyze ⇨ General Linear Model, 含有多元方差分析 (Multivariate) 和重复测量分析 (Repeated Measures) 选项。非参数检验由 Analyze ⇨ Nonparametric Tests 完成, 其中包含有 χ^2 检验 (Chi-Square)、二项式检验 (Binomial)、游程检验 (Runs)、单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验 (1 Sample K-S)、两独立样本非参数检验 (2 Independent Samples)、K 项独立样本非参数检验 (K Independent Samples)、两相关样本非参数检验 (2 Related Samples) 和 K 项相关样本非参数检验 (K Related Samples)。

2.4 其他分析方法

环境问题本身的复杂性要求有更全面、更精细的分析方法。SPSS9.0 还提供了分类分析 (逐步聚类分析、系统聚类分析和判别分析)、因子分析 (主成分分析的改进)、尺度分析 (可靠性分析、多维尺度分析)、生存分析 (寿命表、Cox 回归分析、Kaplan-Meier 方法、Cox w/时间 - 因变量协变量分析) 以及多重响应分析 (多重频数分析、多重列联表分析) 等。

2.5 作图

SPSS9.0 既可以在统计分析过程中命令其输出图形, 也可以直接在主菜单中选择绘图命令 (Graphs), 并可对所作图形进行编辑、修饰。选择 Graphs 菜单, 有 18 个子菜单: 画廊 (Gallery) 提供了 17 种主要图形的样式和详细说明; 交互绘图 (Interactive) 命令可绘制 13 种类型图; 条形图 (Bar) 能绘制简单、分组和堆积 3 种条形图; 线形图 (Line) 可画简单、多重和下降线形图; 面积图 (Area) 含有简单面积图和堆积面积图; 圆饼图 (Pie); 高低图 (High-Low) 能绘制简单高低收盘图、简单极差图、分组高低收盘

图、分组极差图、距限曲线图; 帕尼托图 (Pareto) 包括简单和堆积帕尼托图; 控制图 (Control) 包含 4 种控制图的绘制; 箱形图 (Boxplot) 有简单和群组箱形图; 误差条形图 (Error Bar) 含有简单和群组误差条形图; 散点图 (Scatter) 有简单、重叠、矩阵与三维散点图 4 种; 直方图 (Histogram); P - P 图; Q - Q 图; 序列图 (Sequence); ROC 曲线图 (ROC Curve); 时间序列图 (Time Series) 可绘制自相关时间序列图、互相关时间序列图和谱系图。

3 应用实例

某城市环保监测站测得某街道路口 NO₂ (Y) 浓度与汽车数量 (X₁)、气温 (X₂)、大气湿度 (X₃) 和风速 (X₄) 的数据如表 1^[3], 试计算 NO₂ 浓度与其余因子之间的回归方程。用 SPSS9.0 来完成该任务的步骤如下表:

某城市街道测定数据					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y
1	1300	20.0	80	0.45	0.066
2	1444	23.0	57	0.50	0.076
3	786	26.5	64	1.50	0.001
4	1652	23.0	84	0.40	0.170
5	1756	29.5	72	0.90	0.156
6	1754	20.0	76	0.80	0.120
7	1200	22.5	69	1.80	0.040
8	1500	21.8	77	0.60	0.120
9	1200	27.0	58	1.70	0.100
10	1476	27.0	65	0.65	0.129
11	1820	22.0	83	0.40	0.135
12	1436	28.0	68	2.00	0.099
13	948	22.5	96	2.00	0.005
14	1445	21.5	79	2.40	0.011
15	1085	28.5	59	3.00	0.003
16	1844	26.5	73	1.00	0.140
17	1116	35.0	92	2.80	0.039

X₁ 汽车流量 (辆/小时)、X₂ 气温 (℃)、X₃ 大气湿度 (%), X₄ 风速 (m/s)、Y NO₂ 浓度 (mg/m³)。

(1) 在 Data Editor 中输入 X₁, X₂, X₃, X₄ 和 Y 的数值。变量的类型与小数点的位数可根据需要进行定义:

(2) 从主菜单 Analyze⇨Regression⇨Linear 回车, 出现对话框, 左边列出了所有的变量, 将 y 导入因变量隔中, 将 X₁, X₂, X₃, X₄ 导

入自变量隔中, 回归分析方法默认为强迫引入法 (亦可选其他方法)。下边 4 个可选项按钮可让你决定在结果中输出哪些统计值、图形、需储存的统计量及改变置信度区间 (如不选用则使用默认选值)。

(3) 点击 OK 按钮, 系统自动运算并切换到 Viewer 窗口, 窗口左侧为结果浏览器, 右侧展示统计分析结果。

(4) 分析统计结果, 得出结论 (非 SPSS 程序完成)。

从系数表 (Coefficients) 中, 得知 X_1 , X_2 , X_3 , X_4 系数分别为 0.0001094, 0.005232, 0.0000189, -0.03664, 常数项为 -0.153, 因此其多元线性回归方程为

$$Y = 0.0001094X_1 + 0.005232X_2 + 0.0000189X_3 - 0.03664X_4 - 0.153$$

从 Model Summary 中, 得知复相关系数 $R = 0.94$, 剩余标准差 $S = 0.0227$ 。从 ANOVA 中看出显著性检验值 $F = 22.653$, $\text{Sig} = 0.000$, $P < 0.01$, 即回归方程的线性相关是极显著

的。

另外, 从 Pearson 相关系数看出, NO_2 与汽车数量、风速的相关性较高, 而与湿度的相关性很低。我们采用逐步回归法 (Stepwise) 分析, 系统经运算后自动剔除大气湿度因子 (X_3), 分别引入 (X_1)、(X_1 , X_4)、(X_1 , X_2 , X_4) 进行回归计算, 得到 3 个回归方程。其中引入 X_1 , X_2 , X_4 所得方程的复相关系数最高 (0.94), 经 F 检验, 其相关性有极显著性意义 ($P < 0.01$), 回归方程为:

$$Y = 0.0001095X_1 + 0.005222X_2 - 0.03659X_4 - 0.151$$

利用该方程可进行预测预报工作

4 参考文献

- [1] 李志辉, 洪楠. SPSS 7.5 for Windows95/NT 统计软件包简介. 中国卫生统计, 1998; 15 (5): 49 ~ 51
- [2] SPSS Inc. SPSS for Windows98/NT. USA, 1998
- [3] 李文荣等. 环境监测统计学, 济南: 山东大学出版社, 1990: 243 ~ 244

日本绿色资金制度

日本环境非政府组织的推进自然能源市民论坛 (REPP) 建立绿色资金 (GF) 制度, 资助风力发电等地区清洁能源的开发。GF 来自会员的会费, 用于

支援风力发电、太阳能发电等设备的建设和普及, 支援金每项目 5 ~ 10 万日元。

洪蔚

不排水的厕所

日本车辆制造公司开发不排水循环再利用资源节约型厕所。关键技术是曝气槽内使用多孔陶瓷促使细菌活化, 提高污水和臭气净化能力, 过滤槽内

安装 7 个过滤器将 0.4μ 以上的杂质分离, 处理后水不排放再循环使用。

洪蔚

CONTENTS

1. The Total Process Control of Automobile Pollution Discharge *Feng Bin et al*
2. Probing into the Environmental Management of Private Enterprises in Guangzhou
..... *Li Minghao et al*
3. Research of Dye Printing Waste Water Treatment Technique *Liu Zhiwei*
4. Studied Progress on Treatment of Water Supply *Jian Fangling et al*
5. Cost – Effectiveness Analysis for the SO₂ Pollution Control Options in Guangzhou
..... *Fan Changzhong et al*
6. Dilution and Dispersion Physical Model and Mathematical Model Study of Wastewater
Ocean Disposal Project in the Near Shore of Jiaying *Xu Gaotian et al*
7. The Difference of Atomic Absorption of Heavy Metal Detection in Soil Analysis *Chen Yanping*
8. Development Trend of Magnetic Separation Technology in Wastewater Treatment ... *Wei Chaohai et al*
9. Brief Introduction of Wastewater Treatment Technique by Wet Air Oxidation *Liang Qianwen et al*
10. Organic Pollutant Monitoring and Study of Vehicle Exhaust in Guang – Fo Road
..... *Ye Zhaoxian et al*

广州环境科学(季刊)

主 办: 广州市环境科学学会
协 办: 广州中药一厂
编 辑: 《广州环境科学》编辑部
印 刷: 水利部珠江委印刷厂
地 址: 广州市吉祥路 95 号

邮政码编: 510030
电 话: (020)83355374
电子信箱: cgzaes@public.guangzhou.gd.cn
主 编: 甘海章
责任编辑: 琚 鸿 蔡梅茜
