

目 次

· 环境管理 ·  
求木之长先固本 欲流之远须浚源——环境科技支撑为更好环境管理服务的思考 ..... 周东际, 李湘 (1)  
法国公海保护的管理和实践及其对我国的借鉴意义 ..... 王琦, 桂静, 公衍芬, 范晓婷 (7)  
浅谈宣威市“十一五城考”工作 ..... 李萍 (14)

· 环境保护 ·  
昆明市主城区三种温室气体的月份和干、湿季的小时变化规律及原因分析 ..... 向峰, 杨良, 李爱军, 谢海涛, 金玉 (16)  
威远江自然保护区思茅松种群的林窗更新研究 ..... 廖迎芸, 彭明春, 党承林 (20)  
基于 RS 与 GIS 通海县土地利用/土地覆盖变化研究 ..... 王艳英, 王金亮 (26)  
滇中经济区生态环境现状及改善对策 ..... 张俊黎, 王金亮, 吴风志, 李进存 (30)  
临沧市农村主要环境问题及其保护对策 ..... 杨丽娟 (35)  
绿色能源技术在绿色建筑中的应用 ..... 刘邦禹 (38)

· 水环境保护 ·  
滇池流域土地利用变化与入湖河流水质关系研究 ..... 刘松波 (42)  
安宁市车木河水库治理中表流湿地技术应用 ..... 赵祥华, 殷晓松, 金晓瑾, 田军 (45)  
关于蓝藻浜水环境污染的调查研究与思考 ..... 吴红岩 (49)  
沘江流域环境保护综合治理措施探讨 ..... 陈春 (52)  
玉溪尖山河小流域 N 的输出特点研究 ..... 邵智, 赵永宾, 李洪波, 王放 (58)

· 污染防治 ·  
利用微生物菌剂净化城市河道水质试验研究 ..... 吴文卫, 杨逢乐, 李转寿 (63)  
水体砷污染控制与治理技术研究 ..... 任婧, 金雪莲, 夏峰 (66)  
玩具行业清洁生产潜力分析及实施办法研究 ..... 郑定成, 戴琴 (70)  
我国 SO<sub>2</sub> 污染、危害及控制技术 ..... 曹冬梅 (73)

· 污染治理技术 ·  
西南村镇生活污水处理技术适宜性研究分析 ..... 叶长兵, 杨勇, 李兰 (75)  
液体零排放技术在工业水处理领域的应用 ..... 卢少红, 施明清 (78)  
昆钢煤气系统的经济安全性分析与优化 ..... 闫莉 (82)  
喷雾预处理 + 二级吸收法处理酸洗废气中 NO<sub>x</sub> ..... 赵根成, 贾劲松, 蒋利华 (86)

· 环境评价 ·  
本地及周边地区污染排放对深圳市夏季空气质量的影响 ..... 颜敏, 李焕承, 梁永贤, 刘宝章 (88)  
高校地表景观水质现状评价 ..... 王琼, 伍扬, 魏燕芳 (92)  
清镇市区空气质量评价与污染防治对策 ..... 杨文娟, 肖致强, 龙皓 (97)  
云南省“十二五”期间重点建设项目环境影响评价相关问题及对策研究 ..... 和丽萍, 张萍, 王瑞波, 陈玥, 范建 (100)  
上海嘉定区 PM<sub>10</sub> 污染状况分析 ..... 王晓, 陈浩杰 (106)  
电磁炉电磁辐射水平调查 ..... 王东, 郭键锋, 时劲松, 刘宝华 (109)

· 环境监测方法 ·  
微波消解 ICP-OES 法同时测定总悬浮颗粒物中多种重金属 ..... 朱奕, 葛飞, 许雄飞 (112)  
次灵敏线测定电镀污泥中高含量镍 ..... 樊霞 (116)  
淡水藻类的分离纯化方法探索 ..... 王梅梅, 熊亚南, 刘爱华, 章广玲 (118)  
气相色谱法测定大气中乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯 ..... 夏荣波 (122)

· 环境监测研究 ·  
高锰酸盐指数测定方法的现状及研究动态 ..... 陈丽琼, 茹婉红, 胡勇, 余东波, 茹菁宇 (125)  
不同实验方法对测定叶绿素 a 的结果分析对比相关关系探讨 ..... 殷丽萍, 孙洋 (129)  
嘉定区水污染源在线监控系统现状 ..... 陈浩杰 (131)  
水环境监测中现代化萃取技术的应用 ..... 卢守舟 (134)  
西部地级市环境监测站转型期视野中的环境统计组织体系建设探讨 ..... 丁宏翔 (137)  
咸潮预警值设定的研究 ..... 管擎宇 (139)  
尽量减少输变电工频电场测量中畸变电场影响的测量方法 ..... 张召文 (142)

《环境科学导刊》征稿简则 ..... (62)  
《环境科学导刊》发行数字期刊的声明 ..... (81)  
《环境科学导刊》征订启事 ..... (144)  
封面图片: 大树粉杜鹃 ..... 李丽川 摄

# ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

( Bimonthly ) Vol. 32 No. 2 2013

## CONTENTS

- To Stabilize the Soil to Make the Tree Growing, and to Dredge the Source to Make the River Running ..... *ZHOU Dongji, etc.* (1)
- Preliminary Analysis on the Management and Actions towards High Sea Protection Taken by France and its Implication for China  
..... *WANG Qi, etc.* (7)
- A Discussion of the Evaluation Work of Urban Comprehensive Environmental Treatment in Xuanwei Municipality during the 11th  
Five-Year Plan Period ..... *LI Ping* (14)
- Monthly Change and Hourly Change in Dry and Wet Seasons of Three Greenhouse Gases and Their Cause Analysis in the Urban  
Center of Kunming ..... *XIANG Feng, etc.* (16)
- A Study on the Gap Generation of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* in Weiyuanjiang Nature Reserve ..... *LIAO Yingyun, etc.* (20)
- A Research of Land Use /Land Cover Change in Tonghai County Based on Remote Sensing and Geographic Information System  
..... *WANG Yanying, etc.* (26)
- Current Ecological Situation and Its Improvement Countermeasures in the Central Yunnan Economic Zone  
..... *ZHANG Junli, etc.* (30)
- Rural Environmental Problems and Its Protection Countermeasures in Lincang Municipality ..... *YANG Lijuan* (35)
- The Application of the Green Energy Technology in Green Building ..... *LIU Bangyu* (38)
- Impact of Land Use Change on Inflowing Water Quality in Dianchi Lake Catchment ..... *LIU Songbo* (42)
- Application of Surface Flow Wetland Technology in Treatment of Chemuhe Reservoir in Anning ..... *ZHAO Xianghua, etc.* (45)
- A Research and Reflection of Water Environmental Pollution in Wenzao Creek ..... *WU Hongyan* (49)
- A Discussion about Comprehensive Environmental Treatment and Protection in Pijiang River Catchment ..... *CHEN Chun* (52)
- The Output Characteristics of Nitrogen in Jianshanhe Watershed of Yuxi ..... *SHAO Zhi, etc.* (58)
- A Research on Purifying Urban River Water by Microbial Agents ..... *WU Wenwei, etc.* (63)
- Arsenic Pollution Control and Treatment Technology in Water ..... *REN Jing, etc.* (66)
- Analysis and Research of Cleaner Production Potential and Its Implementation in Toy Industry ..... *ZHENG Dingcheng, etc.* (70)
- SO<sub>2</sub> Pollution and Its Hazards and Control Technology in China ..... *CAO Dongmei* (73)
- A Research of Adaptability of Rural Wastewater Treatment Technology in Southwest China ..... *YE Changbing, etc.* (75)
- The Application of Zero Liquid Discharge Technology in Industrial Wastewater Treatment ..... *LU Shaohong, etc.* (78)
- Analysis and Optimization of Gas System in Kunming Steel Corporation from Economic and Security Views ..... *YAN Li* (82)
- The Treatment of NO<sub>x</sub> Emissions of the Acid Pickling by Spraying and 2 times Absorption Process  
..... *ZHAO Gencheng, etc.* (86)
- Impact of Pollution Emissions from Local and Surrounding Areas on the Air Quality in the Summer in Shenzhen  
..... *YAN Min, etc.* (88)
- Assessment of Current Landscape Water Quality in Universities ..... *WANG Qiong, etc.* (92)
- Air Quality Assessment and Its Prevention and Control for the Urban Center of Qingzhen City ..... *YANG Wenjuan, etc.* (97)
- A Research on Problems Related to Environmental Impact Assessment of Major Construction Projects in Yunnan during “Twelfth  
Five – Year” Period and The Corresponding Countermeasures ..... *HE Liping, etc.* (100)
- PM<sub>10</sub> Pollution Status in Jiading District of Shanghai ..... *WANG Xiao, etc.* (106)
- Electromagnetic Radiation Intensity Survey of Induction Cooker ..... *WANG Dong, etc.* (109)
- Determination of Heavy Metals in Total Suspended Particulate by Microwave-Assisted Digestion Coupled with Plasma  
Spectroscopy (ICP-OES) ..... *ZHU Yi, etc.* (112)
- Hyposensitive Linear Determination of High-Content Nickel in Electroplating Sludge ..... *FAN Xia* (116)
- Separation and Purification of Algae in the Fresh Water ..... *WANG Meimei, etc.* (118)
- Determination of Atmospheric Ethyl Acetate and Methyl Methacrylate by Gas Chromatography Method ..... *XIA Rongbo* (122)
- Present Situation and Research Progress of Determination Methods of Permanganate Index ..... *CHEN Liqiong, etc.* (125)
- Analysis, Comparison and Correlation of Different Experimental Methods in Chlorophyll – a Test ..... *YIN Liping, etc.* (129)
- Current On-Line Water Pollution Source Monitoring System in Jiading District ..... *CHEN Haojie* (131)
- Application of Modern Extraction Technique in Water Environmental Monitoring ..... *LU Shouzhou* (134)
- A Discussion on Organisational Construction of Environmental Statistics at Environmental Monitoring Stations at Western Prefecture-level  
City during the Period of Historical Transformation ..... *DING Hongxiang* (137)
- A Research on Threshold Value for Salt Tide Warning ..... *GUAN Qingyu* (139)
- A Method of Minimizing the Impact of Distorted Electric Field in the Measurement of Power Frequency Electrical  
Field of Electric Transmission and Transformation ..... *ZHANG Zhaowen* (142)

# 求木之长先固本 欲流之远须浚源

## ——环境科技支撑为更好环境管理服务的思考

周东际, 李湘

(云南省环境保护厅, 云南 昆明 650000)

**摘要:** 回顾了云南省 40 年的环境科技工作, 分析了存在的不足, 提出了为环境管理提供支撑的改进措施。

**关键词:** 环境管理; 环境科技; 支撑; 服务; 云南

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 02 - 0001 - 06

科学技术是第一生产力, 是社会发展的强大动力。环境管理的创新, 科技支撑必不可少, 环境科技一直以来就在为支撑环境保护和环境管理发挥着关键作用。

当前, 深入贯彻落实科学发展观是时代最强音, 环境保护工作进一步得到了全党、全社会的高度重视。胡锦涛总书记在全党深入学习实践科学发展观动员大会的讲话中, 首次把生态文明建设作为建设中国特色社会主义伟大事业总体布局的重要组成部分, 为新时期环保工作指明了方向。温家宝总理在中国科协全国代表大会上强调: “没有科技的发展, 就没有中国的发展; 科技发展的未来, 决定着中国的未来”。2011 年 11 月, 秦光荣书记在云南省第九次党代会上指出: 必须坚持科教兴滇, 增强发展的支撑能力。科技支撑发展, 必须牢固树立科学技术是第一生产力的理念, 把科技创新作为引领云南发展的重要驱动力, 加快提升自主创新能力, 借助科技这一有力撑杆, 推动经济社会发展跃上一个新台阶。

环境管理是环境保护工作的重要内容, 环境科技是为更好的环境管理服务的重要支撑。学习贯彻党和国家领导人的重要讲话和会议精神, 要根据环境保护新形势、新任务要求, 结合实际, 切实做好环保科技标准与环保产业发展工作。

### 1 云南省环境科技工作回顾

云南环保近 40 年来, 随着环境管理工作在广度、深度、力度方面的逐步深入, 管理不再是粗放式的管理, 实现管理的精准化、精确化、规范化、科学化已成为我们这代环保人的历史选择。建立环

境技术管理体系, 完善环境行政管理体系建设是推进新时期环保工作实现科学发展、和谐发展、跨越发展的基础性工作。“十一五”期间, 全省环境科技围绕改善城市环境质量和提高环境管理水平, 以科学发展观为指导, 以国家重大科技专项、环境质量标准体系建设、环境科技项目管理、清洁生产和循环经济试点建设为主要工作, 以促进环保技术创新为主线, 分别在水、大气、固体废物以及生态建设等领域, 通过多项环境科研项目, 解决了一些环境管理和环境工程建设项目中存在的科技问题, 不断推进科技创新、环境标准和环境技术管理体系三大环保科技工程建设, 为有效发挥环保科技支撑作用奠定了基础, 为环境管理提供了有力的技术支撑, 自身也获得了较大的发展。

### 2 存在的不足

环境科技工作虽已有初步成就, 但从整体上看, 云南省环境科技基础还比较薄弱, 科技对管理工作的支撑和引领作用还不明显, 与当前环保所面临的任務以及环境管理对科研的要求还有较大的差距。主要表现在: 技术管理体制不甚完善, 环境管理和环境科技不能较好地衔接, 环境科学技术对环境行政管理的支撑作用以及对云南省经济发展、社会和谐、生态保护的贡献还没有充分体现出来。

(1) 环境技术管理体制不甚完善。虽然云南省在环境技术管理方面做了大量工作, 但仍处于分散、无序状态, 尚未形成完整、系统、科学的环境技术管理体系, 不能满足环境监管、科技进步和环保产业发展的要求。例如, 在建设项目立项之初, 缺乏系统、科学的污染防治技术、防治政策和达标技术上的一些指导性政策、标准和规范, 导致提出的污染防治措施技术水平较低、针对性不强。在工程设计方面, 没有相对应的成套技术规范和设计要

收稿日期: 2012 - 10 - 12

作者简介: 周东际, 云南省环境保护厅副厅长, 厅党组成员。

求,没有相应的规范和标准作参考,使相关的污染治理行业也模棱两可、进退两难。此外,缺乏对相关污染治理设施的运行监管制度和对企业清洁生产的技术规范支持,导致项目建成投入运行以后,管理部门不能有效地对生产过程的产排污状况进行监管。由于缺少类似的技术政策统筹和市场需求导向,影响到对应的研究课题立项,甚至引起重复立项,导致技术引进的重复和资金的浪费。

以水专项为例,水专项滇池、洱海项目实施以来已取得了初步成效和阶段性成果,但与国家和省委、省政府对水专项工作的要求和期望仍有较大差距,特别是体现在地方政府对项目应该实施怎样一种参与和监管机制问题上。水专项“滇池项目”“十一五”期间由于信息沟通不够,协调、配合力度不强,仍存在较为突出的管、工、研、用不匹配和错位现象。

(2) 环境管理与决策缺乏依靠科技支撑的工作机制。科技对管理的支撑作用不能充分体现,影响了环境管理和决策的质量。如何破除传统的总结经验教训的观念,研究、推广新技术,将先进的技术上升到管理层面以更好地推进管理创新,提高环境管理的预见性和前瞻性,是云南省环境保护工作的一个重点工作。以“阳宗海砷污染事件”为例,污染事件发生之前,云南省没有相关的水体内“砷污染”修复技术研究,管理部门也未开展相关应急处理处置研究。而在阳宗海事件发生之后才启动“砷污染”应急处理处置方案和相关科研项目,环境科技研发的滞后,导致环境管理没有足够的前瞻性和预见性。“十一五”期间,云南省共登记环保科技成果22项,其中15项获环保部和省政府科技进步奖。制定出《高原湖泊区域人工湿地技术规范》、《糖蜜酒精废醪液处置复合微生物二步发酵法》等5项环境保护类地方标准。大气污染控制类科技成果已具有相当的环境、经济和社会效益,但是由于云南省对新技术应用和推广体制和机制的不完善,新技术的理念和思路难于升华支撑管理决策的创新。这也导致了云南省环保工作中“有技术不用”和“没技术可用”的两难现象普遍存在。

(3) 技术研究与环境管理重点错位。随着环境意识的提高,环境保护工作的任务越来越重。“十一五”期间我国污染物总量控制指标是“二氧化硫和化学需氧量”,而“十二五”期间增加了“氨氮和氮氧化物”两个指标。面对人手少、任务重的局面,需要提高管理效率,提升环境管理的水平。为此,环境科研应重视对环境管理的重点内容的研究。但从目前云南省的环境科技来看,相关技

术研究与国家总量控制指标也不能有机地结合起来。以清洁生产审核为例,企业在进行清洁生产时如果参照国家总量控制指标对重点污染源和污染特殊因子进行调查分析后再确定审核重点、设定清洁生产目标,并在生产过程重视利用新的技术方案充实环境管理工作,那么方案实施以后通过一系列的对标则得出污染物减排量,为环保技术的发展提供基础支撑,也会提高管理减排工作效率,为管理和决策提供科学依据。另外,企业在清洁生产技术实施过程中还可以及时发现当前环境管理中存在的问题,最后提出解决问题的最佳方案供管理和决策部门应用。

(4) 对环境科技的支持力度不够。全省环境科技工作还缺乏有力的抓手和引导手段。基础性、综合性、前瞻性的技术研究政策和资金支持薄弱,基础和战略研究支撑乏力,很大程度上影响了环境保护的发展。环保科技创新能力不强,竞争力较弱,有关环境科技观念的滞后也制约着环境科技水平的提高和发展。对于节能减排高新技术的研究和示范应用缺乏相应的鼓励措施和引导机制,导致相关研究单位没有足够资金和政策支持,只能望而却步。

### 3 为环境管理提供支撑的改进措施思考

环境保护科技标准与环保产业发展工作的主要特点是基础性和服务性,是污染治理和环境管理的主要手段和支撑,也是环境保护最根本的动力和保障。同时,环境标准的执行具有强制性,科技标准是环境管理和执法的重要依据。科学发展一定要科技先行,科技标准与环保产业发展工作在环境保护工作中的地位和作用将越来越重要。

科技标准与环保产业发展工作要以科学发展观为指导,紧扣推进环境保护历史性转变主题,以实施七彩云南保护行动为载体,强化为环境管理和环境执法服务意识,进一步解放思想,创新体制机制,充分发挥环境科技的先导和支撑作用,依靠科技进步提升环境管理水平,提高科技进步与环保产业对环境保护的贡献率。

科技标准与环保产业发展工作的主要目标是:紧紧围绕云南省环保厅党组确定的“削减总量、改善质量、建设屏障、防范风险”这一主线,充分发挥技术和标准的作用,推动环境质量的改善;通过技术研发、成果推广、标准调整、产业发展,使执法更有力度,监管更有效果,污染治理更有效益;找准切入点,改善环境保护的经济环境,使环境保护融入经济建设主体,服务全省经济社会发展大局。

科技标准与环保产业发展工作的具体举措是:

借力全国环保科技发展新战略,以“5111”工作为依托,进一步理清思路,明确目标,力争在工作主线、科技创新、重点抓手、能力建设等方面有新突破、新举措,努力开创云南环保科技工作新局面。

### 3.1 构建5个体系,为完成云南环保的主要任务和“十二五”重点工作提供强有力的科技支撑和保障

一是环境科技创新体系。结合云南环境保护工作的实际,加强基础性和特征性环境科技研究,在环境问题诊断、环境现状评价、环境变化趋势预测以及区域性重大环境问题解决方面,形成较强的科技支撑能力。充分发挥省环境保护专家咨询委员会的引领和指导作用,逐步建立一支创新能力较强、素质较高、结构合理的由高校、科研院所和环保公益性科研机构等组成的、稳定的科研队伍。借助各级各类科技专项、高新技术研究和公益性行业科研专项等,形成较完备的具有本土特征的环境科技创新体系,为环境保护参与社会经济综合决策和实现环境保护目标提供强有力的科技保障。

二是环保标准规范体系。环境标准和技术法规体系是环境管理和监督执法的重要依据,具有特定的法律属性,处于环境行政管理中的核心地位。要按照科学性、系统性、适用性的要求,加快建立比较完备的环保标准体系,一方面支持国家环境基准体系的建立,另一方面也为云南省重点发展的支柱性和特色性产业、生物多样性保护、高原湖泊治理和生态文明建设等工作在环境质量和排放标准方面提供有利的标准支撑体系,实现责权统一,促进环境质量的改进。

三是环境技术管理体系。主要任务是解决环境管理制度实施缺乏技术支撑、提高环境管理有效性为目标,建立科学、高效和与现行环境管理相适应的环境技术管理体系,增强环境技术创新能力和对环境行政管理的技术支撑能力,促进环境质量的改善。要依靠科技进步与创新,把以污染防治为主转向污染防治和生态保护并重,把末端治理转向全过程防治,把点源治理转向区域、流域综合治理。以新技术的推广、示范企业和园区的建设、重金属污染防治、环境健康调查等为重点,积极探索制定污染防治最佳可行技术导则、技术评估体系和技术示范机制,为污染源稳定达标排放、污染物总量削减、节能减排和环境保护目标的实现提供可靠的技术保障。

四是环保产业培育体系。构建符合环境保护要求的环保产业培育体系,为环保事业提供技术保障和物质基础。紧扣云南省委省政府提出的“两强

一堡”战略,着力于提升产业技术水平、提高自主创新能力、创新产业经营模式、规范环保产业市场,不断增强产业核心竞争力,使其成为云南省新的经济增长点及战略新兴支柱产业。

五是科技支撑保障体系。科技支撑保障是科技工作的基础,是做好环保科技工作的必备条件。要加大环保基础性、公益性科技研发力度,建立一支创新能力较强、素质较高、结构合理的环保系统、高校院所、企业团队三轮驱动环保科研队伍。借助各级各类科技专项、高新技术研究和公益性行业科研专项等,积极争取国家和外来资金投入和支持。大力推进环境科技创新基地和平台建设,建成一批省级、国家级环境科研重点实验室和工程中心。不断完善省环境保护专家咨询委员会工作制度,建立沟通长效机制,充分发挥专家在云南省环境保护重大决策中的智库和决策作用。广泛开展国际国内环保科技合作交流,不断学习和借鉴国外及其他省级先进经验,不断提高云南省环保科技水平。

### 3.2 以国家重大水专项的实施为契机,实现在科技创新上的一个突破,开创云南环保科技的新局面

科技创新工程的重点是重大专项。重大专项是为了实现国家目标,通过核心技术突破和资源集成,在一定时限内完成的重大战略产品、关键共性技术和重大工程,是我国科技发展的重中之重。

总体来看,通过水专项“十一五”滇池、洱海项目的实施,以主题为线条,调动整合全国水污染治理的技术资源和优势,在科技攻关和关键技术上取得突破,如:“滇池项目”通过系统评估认为,滇池治理的全面提速,为滇池水环境好转创造了积极有利的态势;滇池水环境恶化趋势得到遏制,水质好转的“拐点”有望在“十二五”期间形成;同时,水专项的阶段性成果多角度、多层次地渗透和应用到滇池“十二五”规划目标、方案设计和重点工程等环节,较好地体现了“五个支撑”(数据支撑、结论支撑、模型支撑、方案支撑、技术支撑)。大理州委、州政府把水专项“洱海项目”科研队伍作为保护与治理洱海重大科技保障,从政策方面给予大力支持,在洱海保护与治理年度重点工程项目的安排上,把水专项在洱海流域的研究内容、成果应用与水专项示范工程纳入到洱海保护治理重点工程中,使水专项的研究工作与洱海流域保护治理工作同步进行,拟订完成了生态文明评价体系,开展了罗时江生态河道建设示范工程和河口湿地恢复经济植物栽培,编制了《洱海绿色流域建设及水污染防治规划》。

“十二五”水专项紧紧围绕重点突破水体“减负修复”关键技术,形成水环境“监控业务化运

行”成套技术与管理示范,支撑重点流域水质明显改善和保障饮用水安全,形成产业化能力的目标,以管理体制机制的创新为突破,加快国家重大专项与地方科技需求的结合与融合。2010年国家出台了《关于进一步加强地方政府参与水专项组织实施工作的指导意见》(环办〔2010〕168号),明确了地方政府参与水专项组织实施的指导思想、基本原则、主要职责和机制建设与保障,强化了地方政府参与水专项工作,力争使水专项在科学研究与示范工程的深度结合上有新的体现。云南省在贯彻国家意见的基础上,也在努力探索一条适合云南特色的地方政府参与和监管水专项实施的工作机制。“十二五”期间,云南省将竭力构建强有力的科技引导平台,充分发挥国家重大科技专项“顶层设计”的优势,以科技引领工程,用工程推动研究,以研究创新管理,通过滇池、洱海项目的实施为模板,将科技需求和地方政府有机结合,充分反映和支持地方的科技需求,推进地方政府参与科研流程和课题,使科研成果和治理效果相结合;从管理链条上理顺地方政府的参与机制,从矩阵式管理模式产生的管理结点,找到具体抓手;从管理过程中,总结建立参与的模式,充分发挥流域专家组的作用,积极探索国家重大水专项滇池项目、洱海项目地方政府负责制的管理和运行模式,促进项目与治理的深度融合。为水专项“十三五”突破流域水环境“综合调控”成套关键技术,建立国家水环境“监控预警平台”,保障区域、流域水环境安全打下良好基础。

3.3 以重点企业清洁生产审核为抓手,体现出环境科技管理上的一个重点,探索云南环保科技的新模式

督促重点企业实施强制性清洁生产审核,有效促进污染减排目标的实现,是环保部门的职责和任务,也是《中华人民共和国清洁生产促进法》的规定和要求。因此,充分认识重点企业清洁生产工作的重要性和紧迫性,就是要将重点企业清洁生产作为节能减排、污染全过程控制的一项重要工作来抓,使之成为环境行政管理的高效抓手。

从近年开展清洁生产工作的情况来看,云南省清洁生产推行工作在西部地区走在前列,工作成绩较为显著。特别是最近两年,随着政府监管力度和企业结构调整的加大,企业开展清洁生产数量增长较快,主动性和积极性不断提高。但面对新形势,我们在工作中发现以下问题尚需在今后的工作中引起重视并加以解决:①认识偏差,对清洁生产缺乏足够重视。部分企业未充分认识清洁生产对于解决云南省资源环境问题的极端重要性,以末端治

理为主要手段的传统模式依然占主导地位;一些基层环境管理部门把清洁生产简单等同于对存在环境问题企业的一种监管手段。②软硬不均,区域和行业发展不平衡。由于认识问题,缺乏积极性和主动性,一些高能耗、高污染行业的清洁生产工作仍比较滞后,存在区域和行业发展不均衡问题。③能力不足,清洁生产审核行业管理机制亟待规范。受人力、财力制约,对咨询机构监管不到位,咨询质量参差不齐;确定重点企业清洁生产审核名单时,没有仔细甄别,掌握企情,致使一些不具备审核条件企业被列入;审核收费标准不统一,咨询机构间存在恶性、低价竞争,扰乱审核市场秩序。④奖罚不明,激励措施不到位。强制性措施力度不足,缺乏必要的鼓励性政策,企业清洁生产方案实施的资金筹措困难,影响了清洁生产的持续推进。⑤支撑缺失,清洁生产技术评估有待完善。一直以来,实行的管理方式是由云南省环保厅组织专家和当地环保、工信部门的人员开展评估,再委托当地环保部门进行验收。随着开展清洁生产企业数量的大幅增加,这一管理模式已难适应工作的需要。

推进重点企业清洁生产对实现资源环境约束性指标和节能减排约束性指标有着重要意义。以高耗能、高排放企业和使用有毒有害原料或产品企业为重点,强化清洁生产审核,对从污染物源头减排将发挥重要作用。重点企业清洁生产审核有别于企业自愿清洁生产审核,是以倒逼机制促使企业开展清洁生产,保证资源利用率高以及污染物产生量少的清洁生产技术和工艺和设备的采用,以此作为污染防治和节能减排的主要手段和途径,以达到总量控制要求。要实现这一目标和成效,我们的思考和议是:

(1) 加强学习,提高认识,深化对清洁生产的科学理解。清洁生产是人类在与自然和谐共处过程中人们思想和观念的一种转变,是环境保护战略由被动反应向主动行动的一种转变。按照联合国环境规划署的定义:清洁生产是一种新的创造性的思想,该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中,以增加生态效率和减少人类及环境的风险。按照我国2002年颁布的《中华人民共和国清洁生产促进法》,对清洁生产的定义是:清洁生产是指不断采取改进设计,使用清洁的能源和原料,采用先进的工业技术和设备、改善管理、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少和避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。上述定义和解释,揭示了清洁生产不仅仅是一种手段和方式,更重要的还是一种思

想和理念。如何实现人与自然的和谐与可持续,将人类的发展阶段由“农业文明”、“工业文明”推进到“生态文明”,不仅是政府的职责,更是这个时代企业和工业实现可持续发展的必然选择。纠正对清洁生产的狭隘认识和理解,是推进清洁生产工作必须解决的第一要务。要继续抓好一年一次对环保部门、重点企业和咨询机构的宣贯培训,不断提升对清洁生产的认识及做好清洁生产工作的能力水平。

(2) 强化服务,完善链条,提升清洁生产在环境管理中的层次。按照《中华人民共和国清洁生产促进法》和环保部对清洁生产的各项规定,根据目标要求和轻重缓急,制定二年、三年、五年工作计划和清洁生产推进年度具体工作方案。进一步完善清洁生产在环境管理工作中的连接作用。各级环保部门要把重点企业清洁生产审核工作纳入年度工作目标考核体系,加强清洁生产审核与现有环境管理制度的结合,与污防、总量、环评等部门加强协作,闭合环境管理链条,提高服务效率,增强服务质量:新、改、扩建项目进行环境影响评价时要考虑清洁生产的相关要求;限期治理企业应同时进行强制性清洁生产审核,并通过评估、验收;通过清洁生产审核评估、验收的企业,其清洁生产审核结果应作为核准排污许可证载明的排污量的依据;未能按期完成减排任务的企业,要实行强制性清洁生产审核,确保完成减排任务。同时还要逐步争取将清洁生产审核形成的污染物削减量与国家主要污染物减排核查目标挂钩;将清洁生产实施的效果纳入到环保专项资金申报的要求中。

(3) 奖罚分明,严格执法,构建推进清洁生产工作的良好氛围。奖才能体现激励性,罚才会具有约束性。在奖励方面,一是建立表彰奖励制度,对积极开展重点企业清洁生产审核工作并且效果明显的企业进行表彰奖励;对积极推行重点企业清洁生产审核工作的州、市、县环保部门进行表彰奖励;对素质高、业务精、积极支持重点企业清洁生产审核评估验收工作的专家进行表彰奖励;对服务质量高、企业评价好的咨询机构进行表彰奖励。二是落实清洁生产的相关优惠政策,开展清洁生产审核的企业可以享受环保设备投入资金支持及排污费返还等政策优惠;对开展重点企业的清洁生产审核工作的企业提出的效果好、质量高的中/高费方案进行资金扶持,树立示范典型;加强与省级相关部门的沟通协调,为开展清洁生产审核的重点企业争取清洁生产专项资金支持。在处罚方面,对凡是纳入强审名单的企业拒不开展清洁生产审核的,一要对社会公开发布企业“黑名单”;二要依据《中华

人民共和国清洁生产促进法》及相关法规规章,由监察总队进行处罚;三要对此类企业在排污证年检和环评许可证申请方面实行限批。

(4) 积极探索,创新机制,建立高效的清洁生产支撑保障体系。根据环保部《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》(环发〔2008〕60号)、《关于深入推进重点企业清洁生产的通知》(环发〔2010〕54号)等文件的要求,云南省制定了重点企业清洁生产审核评估、验收技术细则(试行),实行了清洁生产审核专家预审制,建立了“云南省重点企业清洁生产审核专家库”,开展了管理部门、专家与咨询机构间的技术讲座和交流等。这些做法虽然在一定程度上促进和规范了云南省的清洁生产审核工作,但与新形势下清洁生产工作的需要还有较大的差距,有鉴于此,我们对下一步体制探索、机制创新方面的考虑有:①树立典型,示范引导,强化清洁工艺技术的引领作用。推广和实施节能、节水、节材和资源综合利用等清洁生产工艺,以产业结构、工艺技术、产品结构的调整、研发和延伸为重点逐步将清洁生产审核从单个企业向地区、园区、行业拓展,同时积极引进、吸收国外先进适用技术,加快推进企业技术进步和产业升级。②技术支撑,扬长避短,建立独立的清洁生产审核评估机制。探索在云南省环科院“云南清洁生产中心”的基础上成立“清洁生产评估中心”,协助管理部门对全省开展的企业清洁生产审核行使技术评估和验收职能,发挥其技术优势,使政府管理部门从技术审查中解脱出来,专注于政策制定和部门沟通协调。③制规定标,夯实基础,切实体现对云南省重点产业发展的支持与服务。加大对清洁生产技术规范和地方标准的研究与编制,组织科研院所、高等院校、企业和咨询机构对云南省的重点产业和行业研究制订清洁生产标准和审核指南。

“十二五”期间,国家确定的主要污染物由2项扩大到4项,即COD、SO<sub>2</sub>、氨氮、氮氧化物。同时,将农业污染减排也包括在内,任务更加艰巨。在这种严峻的形势下,环境保护工作更要依靠科技进步提升环境管理水平,提高科技进步与环保产业对污染减排的贡献率,努力实现环境科技对结构减排的引领、对工程减排的指导和对管理减排的支撑。在具体的工作中,通过对企业清洁生产实施情况的监管,加强工程减排的同时促进管理减排;加大对污染治理设施的运行过程监管力度,保证主要污染物削减效率;加强对“滇池”、“洱海”水专项农业面源污染控制研究的监管,确保农业污染得到有效的控制。为全面完成

云南省“十二五”减排目标提供有力的科技保障和服务。

3.4 以环保产业培育发展为切入, 打造在环境科技发展上的一个亮点, 构建云南环保科技的新平台

环保产业是伴随着环境保护深入开展而从传统产业分化出来的新兴产业, 已成为公认的新的经济增长点。2011年《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》提出: 大力发展环保产业, 加大政策扶持力度, 扩大环保产业市场需求; 鼓励多渠道建立环保产业发展基金, 拓宽环保产业发展融资渠道; 实施环保先进适用技术研发应用、重大环保技术装备及产品产业化示范工程。

据调查, 云南省环保产业自“十五”以来在国民经济中的总额和比例增长较快, 但环保产业总体规模和技术水平与我国东部发达地区仍有较大的差距, 产业结构不合理、规模小、自主创新能力不强、技术含量低、机制不畅通、体系不健全、政策管理乏力等是云南省环保产业发展中的主要问题。2010年云南省编制了《云南省环保产业发展规划(2010-2020年)》, 提出了“优化两种环境、建设五个园区、发展七个集群、建设十大工程”的环保产业发展思路, 为云南环保产业和环保企业的跨越式发展做出了积极探索。

“十二五”期间, 结合《云南省环保产业发展规划(2010-2020年)》的实施, 云南环保产业发展要在四个方面取得新进展: 一是环保龙头企业的培育上, 依托目前较有实力的环保企业, 努力打造一批在技术与集成、装备制造、工程建设、环境治理设施运营等领域的龙头企业, 形成“以企业带市场、以市场促企业”的良好发展氛围, 力争到2015年实现云南环保上市企业“零突破”。二是产业扶持政策的完善上, 加大对环保产业的政策和资金扶持, 建立适合本地特色的鼓励和引导机制, 完善科技、金融、财政、税收和土地等政策,

推动企业在环保重点工作领域研发新技术、新产品; 探索社会资本融入产业发展, 建立和完善“专项资金”和“基金”机制。三是借力巧抓机遇的联动上, 依托“十二五”期间, 国家水专项将根据重点流域水污染治理与水质改善重点工程所急需的关键设备和重大装备的支撑需求, 在“工业废水处理”、“城市水污染控制”、“面源污染控制与生态修复”、“饮用水安全保障”、“生态环境监测”等5个方面开展关键设备研发, 培育战略性新兴产业, 提升我国环保产业整装成套技术的研发能力和重大装备国产化水平这一大发展的难得机遇, 鼓励和引导云南省环保企业积极参与。国家的具体做法是: ①由总体专家组组织相关企业代表、产业化专家, 统筹考虑提出水专项“十二五”产业化任务设置的建议; ②加大对产业化任务的经费支持力度, 鼓励企业积极参与; ③以政府为主导, 整合相关资源, 培育和引导集投资、融资、建设、运营、管理为一体的专业化公司的发展; ④认真研究并充分利用中央财政后补助机制, 探索中央财政后补助方式在水专项中的运用。四是主动开放引进的观念上, 利用国家支持云南“两强一堡”战略实施, 大量优秀企业入滇的契机, 引进省外乃至境外的环保企业在云南落户扎根, 推进云南环保产业的跨越式发展。同时, 还要积极发挥云南省环保产业协会这个行业组织的引导和自律作用, 使之成为环境保护行政管理部门和环保企业之间的纽带和桥梁。制定云南省环保实用技术征集与推广使用实施办法, 定期发布云南省鼓励发展的环境保护技术与产品名录。

环境科技是一项任重而道远的工作, 需要我们环保人一步一个脚印地去努力和奉献, 责任虽重, 但使命光荣, 相信在云南省环保厅党组的领导下, 云南环保科技一定能开创出一个璀璨、振奋的新局面。

## To Stabilize the Soil to Make the Tree Growing, and to Dredge the Source to Make the River Running

ZHOU Dong-ji, LI Xiang

(Yunnan Provincial Environmental Protection Bureau, Kunming Yunnan 650000 China)

**Abstract:** The environmental technical work of the past 40 years is reviewed and analyzed. Its disadvantages are pointed out and the measures are proposed to improve the work for supporting the environmental management.

**Key words:** environmental management; environmental technology; support; service; Yunnan



# 法国公海保护的管理和实践及其对我国的借鉴意义

王琦, 桂静, 公衍芬, 范晓婷

(国家海洋信息中心, 天津 300171)

**摘要:** 对公海海洋环境和生物多样性的保护刻不容缓。介绍了法国公海保护的管理和实践, 包括: 先进的海洋保护管理机制, 法律和政策, 与其他国家合作建立了派拉格斯公海保护区等。提出了给我国相关工作带来的启示。

**关键词:** 公海; 管理; 海洋保护区; 实践; 法国

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0007-07

## 1 前言

全球贸易往来一直在不断增进, 经济也在飞速运转。这也相应地导致海洋环境和海洋生物多样性面临严峻的挑战。国家管辖范围外的海洋水域要远远大于各国的领海和专属经济区等非公海水域, 对于公海的生物多样性保护显得尤为重要。当前, 对公海海洋环境和生物多样性的保护刻不容缓, 世界各国 (主要是各沿海国) 纷纷采取相应的措施积极参与国际上的公海保护活动。截至目前, 在公海建立公海保护区是对公海实施保护的措施之一。公海保护区是指为保护和有效管理海洋资源、环境、生物多样性或历史遗迹等而在公海设立的海洋保护区。

法国地处西欧, 西临大西洋, 南靠地中海, 海岸线绵长。在世界许多沿海大国中, 法国一直在积极制定海洋保护的相关政策和举措, 并参与全球海洋保护工作。长久以来, 海洋资源的开发利用为法国的经济繁荣做出了重大贡献。在开发的同时, 法国也一直努力对包括公海在内的海域的海洋资源进行有效的保护。在海洋资源的开发和保护方面, 法国有着许多成功的经验, 有先进的海洋保护管理机制、法律和政策, 并与其他国家合作建立了派拉格斯公海保护区, 其中一些经验值得其他国家仿效。

## 2 法国海洋保护区的主要管理机构与管理机制

### 2.1 法国海洋保护区管理局

从国家层面来讲, 法国海洋国务秘书处负责直

接向总理报告, 集中监督国家海上行动的协调一致性, 指导和协商统领海区的海事总监的各项行动, 应对各类事件, 负责所有应急和干预计划的实时更新, 参与研究并改进国际和国家的涉海规定, 尤其是关于安全保障和污染预防方面的条款, 通过评估目前的政策和未来的计划来参与确定政府海事政策。从区域组织结构来讲, 海事总监负责直接代表总理和其他部长 (内阁成员) 并被赋予政府权力来执行法律规定。他协调政府所有的海上行动, 如果有需要, 还会承担公海与沿海区域的活动协商工作, 并在必要时, 付诸武力。

在法国, 负责海洋保护工作的主要管理机构是法国海洋保护区管理局。依据 2006 年 4 月 14 日颁布的《海洋自然公园法》, 法国设立了海洋保护区管理局。法国海洋保护区管理局是法国的公共管理机构。这是一个由国家机构和地方当局代表以及利益相关者组成的管理委员会控制下的公共实体。它的总部设在布雷斯特, 在法国本土和海外都有分支机构。该机构的宗旨包括: 支持有关于建立和管理海洋保护区的公共政策; 管理用于海洋自然公园或其它海洋保护区的人力和财力资源; 为海洋保护区管理人员提供技术和行政支持。

除了其实际负责的任务外, 法国海洋保护区管理局还要促进人们对海洋生物多样性问题的重视并坚持在 2012 年之前建立一个重要的海洋保护区网。该机构还负责加强法国参与国际上的海洋保护活动。

### 2.2 法国海洋保护区管理局组织结构

法国海洋保护区管理局是法国生态、可持续发展、交通与安居部的下属单位。执行委员会是法国海洋保护区管理局的主要决策机构。其委员会成员

收稿日期: 2012-09-03

基金项目: 国际海底资源开发与公海保护区选划技术支持系统及应用示范 (201005003)。

作者简介: 王琦 (1981-), 女, 助理研究员, 硕士 (英语语言文学专业), 研究方向: 海洋权益、情报、战略、政策等。

任期为 3 年，主席从中选出。委员会由两部分组成，包括：国家代表（16 人）和民选委员成员和团体（23 名成员）。法国的《环境法典》第 R334-8 条确定了执行委员会的职权范围，指定其在职权范围（创建、管理和评估）内制定海洋自然公园和海洋保护区的管理政策。执行委员会每年开会约 3 次。

执行委员会内设一个执行理事会，组成人员包括：执行委员会主席、副主席、上级主管部门代表、涉海部门代表、负责海洋捕捞和海水养殖部门的代表、主管海外机构的部门代表、地方当局代

表、海洋自然公园管理委员会主席、其他类别海洋保护区的代表和其他相关人员。理事会负责筹备工作，监督执行委员会决策的执行情况，并行使由执行委员会赋予的权力。理事会也是每年召开约 3 次会议。

科学理事会是执行委员会主席或法国海洋保护区管理局的咨询机构，涉及海洋保护区管理局所有分配工作中的任何问题，包括海洋自然公园（参见《环境法典》第 R334-17 条）。

### 2.3 法国重要海洋保护区的管理情况

表 1 法国一些重要海洋保护区的监管与管理情况

海洋保护区名称	法律地位	监管	管理
Porto - Vecchio/Bonifacio / Bastia/Ile Rousse/ Calvi / Piana et Porto / Propriano	渔业保护区	辖区地方官	海上捕捞区域委员会和渔民联盟/区域和省级海洋部门负责。
Golfe Juan /Beaulieu - sur - Mer / Roquebrune - Cap - Martin	海洋公共领域 特许使用	辖区地方官：由地方政府管理机构负责 特许使用工作。	Alpes 海洋省区管理局和地方渔业委员会负责管理工作。
Calanques de Marseille	景观保护区 (1993 年《景观法》)	1999 年 12 月 17 日建立的公共利益组织 (GIP) 协调对不同土地所有者之间的管理工作。地方监管机构为马赛市和卡斯市 (Cassis) 的省与区域管理机构。	负责管理的机构为马赛市和卡斯市 (Cassis) 的省与区域管理机构。负责管理的国家及公共机构为辖区地方官，区域环境管理部门。
Port - Cros	国家公园	环境部	“特设” 国有公司
Cerberes - Banyuls	自然保护区	环境部	省级机构
Scandola	自然保护区/ 世界自然遗产区	环境部科西嘉/科西嘉区域管理机构	科西嘉自然区域公园
Bouches de Bonifacio	自然保护区	环境部	科西嘉内的区域环境部
Parc marin de la Cote Bleu	海洋公共领域 特许使用	海洋管理局：由地方政府管理机构负责 特许使用工作	不同土地所有者之间的协会联盟，包括：PACA 区域/ Bouches du Rhone 省/ le Rove 公社/ 渔民联盟组织

### 3 法国海洋保护区的相关法律与政策

海洋保护区的建立除对地方产生影响外，还具有区域、国家或国际影响。为此目的，法国启动了一致的、具有代表性的和管理完善的国家和区域保护网，并根据欧盟和国际上相关法律政策制定了一系列关于海洋保护区的法律和政策。

#### 3.1 法国参与签署的相关国际公约、法律和法规

包括法国在内的许多国家签署了 1992 年《东北大西洋海洋环境保护公约》，该公约于 1998 年 3 月 25 日正式生效。关于东北大西洋海洋环境保护合作的国际条约机制，综合和发展了 1972 年《奥斯陆海洋倾废公约》(“Oslo Convention on dumping

waste at sea”) 和 1974 年的《巴黎陆源海洋污染公约》(“Paris Convention on land - based sources of marine pollution”)。其他缔约国包括：比利时、丹麦、欧洲联盟、芬兰、德国、爱尔兰、冰岛、卢森堡、荷兰、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、瑞士和英国。

1992 年，包括法国在内的 150 多个国家在巴西里约热内卢召开联合国环境与发展大会，签署了《生物多样性公约》。《生物多样性公约》是第一项生物多样性保护和可持续利用的全球协议，《生物多样性公约》的目标是按照公约有关条款从事保护生物多样性、持续利用其组成部分以及公平合理

分享由利用遗传资源而产生的惠益。

《辛特拉宣言》是1998年7月22~23日在葡萄牙辛特拉(Sintra)举行的OSPAR委员会各国部长会议上通过的宣言。法国派代表参加了这次会议。《辛特拉宣言》决定,OSPAR委员会将推动建立一个海洋保护区网络,以确保对海洋生物多样性及海洋生态系统的可持续利用和保护工作。目标是在2010年初步建立一个由实现良好管理的海洋保护区所组成的、生态功能连贯凝聚的网络,并进行评估。

2003年6月23~27日在德国的不莱梅(Bremen)举行的OSPAR委员会第二届各国部长会议

通过了《OSPAR委员会2003年策略》以及关于海洋自然保护区网络建设的若干重要文件。法国派代表参加了这次会议。《OSPAR委员会2003年策略》确定了六个工作领域:海洋生态系统及海洋生物多样性的保护保存、防治富营养化、防治有毒有害物质、关于海洋活动的环境目标及管理机制、防治放射性物质、监测评估。2003年的《不莱梅宣言》是关于海洋自然保护区网络建设的若干重要文件,包括:《关于海洋保护区网络的OSPAR建议》;《海洋保护区的选划、管理导则》;《需要保护的物种及栖息地鉴别标准》;《濒危、数量减少恶化的物种及栖息地初步名单》。

表2 法国就生物资源保护、海洋环境保护等制定的法律法规

时间	法律或法令	内容
1960年7月22日	第60~708号法律	建立自然公园
1968年12月30日	第68~1181号法律	大陆架及其自然资源的开发
1976年7月10日	第76~269号法律	自然保护
1976年7月19日	第76~663号法律	环境保护设施的建设
1986年	《海岸带整治、保护及开发法》	海岸带保护、开发和管理
1990年7月27日	第90~95号通函	保护关键的水生群落生境
2003年4月15日	第2003~46号法律	建立法国海岸外的生态保护区
2004年1月8日	第2004~33号法令	建立法国在地中海的生态保护区
2004年3月29日	第2004/38号法令	特许利用港口外的海洋公共领域
2006年4月14日	第2006~436号法律	自然公园、自然海洋公园和自然区域公园
2007年9月28日	第2007~1406号法令	在伊鲁瓦斯海建立海洋自然公园

### 3.2 欧盟法律政策背景

根据《东北大西洋海洋环境保护公约》,欧盟制订了一系列政策、法规与条令,目的在于加强对各类涉海活动以及这些活动对海洋环境造成的影响的管理。与此有关的欧盟政策、法规与条令主要有:《欧盟共同渔业政策》《欧盟可再生能指令》《海洋船舶航运油料法》《鸟类保护指令》《生境保护指令》《滨海浴场水质指令》《贝类水质指令》《城市污水处理指令》《水资源框架指令》《环境影响评价指令》《战略环境评价指令》。

Natura 2000是欧盟委员会1992年创建的欧盟领域内的保护地生态网络项目。该项目旨在通过《栖息地指令》(the Habitats Directive)和《鸟指令》(the Birds Directive),保护受到严重威胁的栖息地和物种。到2004年欧盟东扩前,Natura 2000保护了原欧盟15国18%的陆地领土。Natura 2000网络项目的主要活动包括:交流,能力建设,通过伙伴关系开展工作以达成自然保护的自的。目前,包括法国在内的欧盟27个成员国总领土面积的

17%已被纳入该网络,超过1000种动植物和200多个栖息地类型受到网络的保护。Natura 2000不仅是欧盟实现生物多样性统筹、系统保护和持续利用的主要工具,也是将生物多样性纳入渔业、林业、农业、区域发展等其他欧盟政策领域的重要手段。同时,建立保护网也是欧盟履行《生物多样性公约》中“社区义务”的一部分。

2007年,欧盟颁布《海洋综合政策蓝皮书》,确定了欧盟成员国在海洋领域的政策目标。该蓝皮书涉及从海洋综合管理、海洋规划、海洋资源与环境保护到船舶航运等诸多领域,为欧盟及其成员国推进海洋工作提供了全面的指导性框架。

2008年,欧盟发布了《欧盟海洋战略框架指令》,要求包括法国在内的欧盟成员国采取有效措施,确保海洋水域达到“良好的环境状况”。为此,成员国必须采用基于生态系的管理方法,掌握和了解海洋环境状况以及人类给海洋环境造成的影响,制订并实施为实现上述目标服务的有效措施。为了落实《欧盟海洋战略框架指令》,法国不断加

强各部门和各领域之间的协调，并加强与其他成员国的合作。

### 3.3 法国国内制定的相关法律和法规

为管理海域，协调海洋开发利用活动，法国就生物资源保护、海洋环境保护等制定了一系列法律法规，详见表2。

## 4 法国关于建立公海保护区的立场和相关活动

### 4.1 法国的立场

法国政府一直关注海洋保护区建设问题并表示会积极拓展海洋保护范围。法国总统2009年7月做了关于海洋政策的演讲。法国总统在报告中提到：法国目前应履行其作为海洋大国的责任并抓住时机。法国目前保护区范围不足其总海域的1%，截至2012年，法国的保护区范围将覆盖到10%，截至2020年将达到法国所辖海域1100万 $\text{km}^2$ 的20%。预计保护区有一半区域为渔业保护区，由渔民、科学家和地方相关利益者参与指定保护区地点。在保护区内，海洋生物多样性将得到保护，资源可得到恢复，并可确保捕捞业可持续发展。2020年，海洋保护区网将对法国管辖下的2百万 $\text{km}^2$ 以上的海域提供保护。该保护网不仅扩大了法国管辖海岸的长度，尤其是地中海海岸，还扩大了法国海外区域：从法国西印度群岛到新科里多尼亚和波利尼西亚。这些行动为法国保护海洋、恢复鱼群并保护以渔业为生计的渔民的生活奠定了基础。

法国还一直积极倡导国家管辖外海洋保护工作，并参与相关国际会议。2005年1月24日至28日，法国政府和联合国教科文组织在巴黎教科文组织总部联合召开国际生物多样性科学大会。在大会开幕式上，法国前总统希拉克强调，生物多样性损失对人类生存和发展具有重要影响。他呼吁要建立国际机制和专家网络，把科学信息和决策紧密结合起来，进一步提高保护效果，实现保护和持续利用的目标。会议最后通过了“生物多样性巴黎宣言”，明确提出需要以最大的努力发现、了解、保护和持续利用生物多样性。法国一贯支持在国家管辖区外建立海洋保护区，按照联合国大会（2006年、2008年、2010年）召开的生物多样性工作组会议的框架和OSPAR委员会框架，并依据法国国家海洋和海岸线战略蓝皮书（2009年）（海洋圆桌会议所作的承诺）来实施相关工作。

### 4.2 法国积极参与公海保护区的相关国际和实践活动

#### 4.2.1 积极参与和组织国际相关会议

2008年8月，来自15个国家的代表联合在法

国布列斯特的会议上承诺，保护大西洋中央海脊最为脆弱、资源丰富但同时也还有很多区域未曾开发的部分。大西洋中央海脊纵贯了大西洋，生物多样性丰富，是海底极为巨大的山脉，平均高度超过2000m，被称作“海底阿尔卑斯山”。在承诺中，30万 $\text{km}^2$ 的海脊地区和之上的洋面都被宣布为海洋保护区域。宣布成为海洋保护区域之后，在该区域的北部，深海捕捞已经被禁止，而其他区域的海底山也会展开季节性的禁渔。法国派代表参会并表示这是公海海洋保护的一个历史性决议，对于跨国环境保护具有非常意义。它是大西洋上第一个公海海洋保护区，也是全球第二个公海海洋保护区。

2008年12月9日~11日，法国举行了一次欧盟会议。会议上，欧盟轮值主席国法国和欧盟的其他成员国对“海洋战略框架法令”进行投票表决，有效地评估和保护海洋环境的质量。为了达到在2020年前保持海洋“良好环境状况”的目标，迫切需要针对2012年前的海洋环境状况制定详细而明确的规划，因此这个法令成为欧盟海洋战略的重中之重。

法国还参加了于2011年5月31日~6月3日在纽约联合国总部召开的国家管辖外区域海洋生物多样性工作组第四次会议。此次会议在公海保护方面取得了重大进展，促进了国家管辖海域外海洋生物多样性保护和可持续利用的国际合作方式和途径。此次会议的焦点集中在讨论国家管辖海域外海洋保护区和环境影响评估进程法律制度上，包括法国代表在内的大会工作组一致通过了关于启动建立国家管辖海域外生物多样性保护和可持续利用法律框架过程的建议。这套建议包括海洋基因资源、海洋保护区和环境评估、能力建设和技术转化等多方面内容。

#### 4.2.2 法国海洋保护区管理局代表法国参与国家管辖范围外建立保护区的相关工作

法国海洋保护区管理局参与OSPAR委员会的工作：管理局的负责人Olivier Laroussinie连续两年主持委员会的会议，管理局还为会议准备文件并组织参加了相关会议。法国海洋保护区管理局为海洋保护作出了非常重要的贡献，例如：

收集公海相关信息并组织研讨会，特别是在2008年，法国作为欧盟轮值主席国召开了研讨会，并发布了《反复核查公海问题》的报告；

2010年，法国参与共同提出在国家管辖范围外设立6个海洋保护区；

法国为界定公海海洋保护区管理做出贡献,包括:提出管理框架,更新数据并为国际海事组织(IMO)制定PVMZ的相关文件。

#### 4.2.3 法国智库IDDRI参与公海保护区的相关工作

自2006年以来,法国智库可持续发展与国际关系研究所(IDDRI)一直参与讨论公海的未来及其相关法律和政治地位的演变。

2008年,IDDRI与艾伯特亲王二世摩纳哥基金会、法国海洋保护区管理局、法国全球环境基金和CDMO合作,组织召开了名为“公海生物多样性新型管理”的国际研讨会。随后,国际重大相关会议对研讨会上的观点进行了讨论。

2011年,IDDRI与法国海洋保护区管理局就公海生物多样性管理问题达成了一项合作协议,在这方面,IDDRI着重为即将进行的公海相关国际活动阐明其中的关键问题,特别是在OSPAR和《巴塞罗那公约》等区域海洋公约的背景下,但也在更全球化的背景下(如联合国公海生物多样性工作组)。

法国还将开展许多研究项目,涉及的主题包括:公海海洋保护区(MPAs)、区域海域内牵涉的公海问题、不同部门机构在公海海洋保护区的管理责任、欧盟与公海、法国将有公海的国际承诺融入到国内法律中。所有这些研究都有助于推动公海资源保护和可持续利用取得实质进展。

### 5 法国参与建立的派拉格斯公海保护区实例分析

#### 5.1 派拉格斯公海保护区的建立

1999年11月25日,经过十年的讨论和信息共享,法国、意大利和摩纳哥签署了一项协议,建立名为派拉格斯(Pelagos)的海洋哺乳动物地中海保护区。协议自三国批准后于2002年2月21日生效。保护区面积为87500 km<sup>2</sup>。2001年,该保护区列入具有地中海重要性的特别保护区(SPAMI)名单中,从实际上说明了关于地中海特别保护区和地中海生物多样性的协议的创新性质。将该保护区列入名单获得了针对地中海保护的《巴塞罗那公约》签约国的官方认可。

#### 5.2 派拉格斯公海保护区的目标和行动计划

该保护区涉及的主要物种是海豚和鲸。该保护区是为了保护海洋哺乳动物免受各种形式人类活动的干扰,其目标是协调社会经济活动的和谐发展以及对生境和物种的保护。为此目的,每个协议缔约方都与其他各方也与其他组织协商其政策和管理项

目。保护区战略之一是要实现各种技术、科学、教育和法律资源的协同配合,用于协调广泛海区内的经济和自然利益。法国、意大利和摩纳哥还发行了一个宣传册,并通过了《鲸类监控行为法》,而且缔约方还召开了多次会议,以便更广泛地宣传保护区。

派拉格斯保护区管理计划明确说明了保护区的目标。这些目标是涉及领域广泛的总体目标,为保护区的管理设置了一个有形的目标,有助于引导保护区的执行计划和为评估保护区的有效性制定监测计划。重要行动计划包括:海上监控方协调管理人类活动;建立三国数据库;建立网站;鲸类监控与海豚共游和海豚治疗;渔业捕捞和养殖;海上交通和商业海洋运输;科学研究和监控、鲸类统计和人口估算。这构成了满足派拉格斯保护区管理目标的协同有效行动的基础。

#### 5.3 建立派拉格斯公海保护区的意义

派拉格斯保护区位于地中海。这个海域资源丰富,地理位置独特。地中海所有沿海国家由于其领海所占面积而管辖地中海40%的区域,而余下的60%为公共区域。如果地中海的每个沿海国都主张其专属经济区,那么地中海的每一部分都会处于国家管辖范围内(因而就不会有公海)。因此,超出地中海各沿海国领海范围以外的区域可以暂时成为所有相关国家的共同领域。在该海域建立公海保护区,有利于更好地维护法国、意大利和摩纳哥在地中海管辖海域及公海海域的科学研究活动、渔业资源保护和海上运输等海洋权益。

此外,虽然在如此大的面积内和在大量开发的环境内对鲸类种群提供保护是一件艰巨的工作,但派拉格斯保护区已经取得了许多积极的成果,包括:提高公众意识;采取对于建立和实施管理计划来说是罕见的但必要的步骤;促使三国政府采取自主措施以尽量减少对该区域内的环境影响;提供一个示范样板为大范围区域保护、以生态系统为基础的管理、公海保护区、区域海洋协定效用、物种的利用和宣传保护理念。保护区成立约15a后,派拉格斯保护区的实施过程从最初具有保护理念的个人和组织所推动的“设想”阶段过渡到“行政——体制”阶段,目前,正在积极完善管理机制和管理机构。海洋保护区的管理比保护问题更重要。现在的问题是确定由谁管理和怎样管理。

### 6 法国的公海保护区举措对我国的启示

参与建立公海保护区是一项长期、复杂的工

作。结合法国等发达海洋国家开展公海保护区相关工作的经验,综合考虑目前发展态势和我国现有应对能力,建议未来我国应从管理模式、国际相关法律研究、保护区选划标准和试点建设、资金支持、科研能力建设及国际合作这些重要方面开展工作。

### 6.1 我国的管理模式有待完善

我国海洋自然保护区实行综合管理和分部门管理相结合,以及中央和地方管理相结合的管理机制。我国海洋自然保护区总体管理体制还有待改革和优化。这也是适应海洋保护区内容的拓展及其建设与国际接轨的需要。目前,公海保护区问题已经提到国际社会的议事日程上来,在对我国海洋保护区的管理体制进行健全和完善的时候,应当考虑到公海保护区的问题,公海保护区的建设需要与相关国家的合作,分部门管理也会对这种合作产生诸多制约,所以应专门对公海保护区的管理进行规定,并针对公海保护区实施特殊的管理方法和措施。

### 6.2 加强相关国际法律制度跟踪研究并制定和完善我国的相应制度

公海涉及世界各国利益,建立公海保护区也必须经过多边场合的商议。在多边国际场合中有效维护自身利益,需具备较高的国际法律制度研究水平,为此,应鼓励和优先支持对相关海洋法律制度的跟踪和深入研究。相关国际制度形成的过程也是利益分配的过程,我们必须在深入研究的基础上,结合维护我国的利益的需要,积极参与相关的国际法律制度的制定。

目前我国海洋保护区的主要依据是《海洋自然保护区管理办法》、《中华人民共和国自然保护区管理条例》等,为我国建立、建设海洋自然保护区提供了法律保证和行为方式。然而目前的法律制度还远远不能满足我国海洋保护区发展的现实需要。一方面,应当充分借鉴法国等发达国家先进的海洋保护区制度,加强海洋科学与海洋制度的结合研究,尽快完善海洋保护区制度的配套法律制度,增加涉外管理的内容,加强我国的海洋保护区制度与国际海洋环境制度的接轨。另一方面,我国签署的部分国际公约的内容没有体现在国内法中,需要根据国际公约的相关规定,在国内法中增加履约内容。此外,还存在部分国内法律制度与国际公约规定不相协调的问题,也需要根据公约规定加以修改或修正。总而言之,国内海洋保护区制度与国际海洋环境制度的接轨,有利于促进我国海洋保护区法律制度的发展,扩大国际合作,提高公海保护区的

设立与管理水平。

### 6.3 提出公海保护区选区标准,加快公海保护区试点建设

从国际趋势和我国海洋保护区建设现状看,我国仍需建设更多海洋保护区。我国可以借鉴其他国家的做法,充分发挥海洋保护区建设在维护海洋权益方面的积极作用。我国现有海洋保护区绝大多数都分布在领海或者内水。我国应该在领海以外选择重要海域建设适当面积的海洋保护区,形成自然保护区网络,还可维护海洋权益,加强对该海域的管控。首先应制定选择公海保护区的标准。公海保护区的选择应当着重考虑社会因素、经济因素、生态因素以及实效因素四个方面。其中,社会因素涉及各国之间的利益冲突、国际社会的接受程度、航道安全与便利等;经济因素包括生物资源、旅游资源、成本收益、人类活动对公海保护区造成的影响等;生态因素是指生态系及其物种的价值,包括多样性、自然性、依赖性、代表性、独特性、完整性、生产性和脆弱性;实效因素则主要考虑环境与资源保护的紧迫性、有效性、可用性和可恢复性。

然后,提出建立公海保护区的方案。结合上述标准及相关区域的地理、环境、资源等要素进行勘探调查,选取可能建立公海保护区的区域,加强对试点区域海洋生物资源和海洋生物多样性的调查研究,选择有代表性和典型性的地区,分析其潜在的经济利益、战略利益、安全利益,提出建立公海保护区的具体方案。并在选划保护区的同时,制定配套管理规定,并在建立保护区时一并对外公布。

### 6.4 加大财政支持

海洋自然保护区管理体系要正常运行,资金是其主要动力。自然保护区是公益事业,其效益主要体现在资源、生态和社会方面,因此,需要各方面的大力支持。而资金短缺几乎是包括发达国家在内的所有自然保护区面临的难题,也是当今困扰各国自然保护区发展的重大问题。它使保护区基础设施建设、人才引进、科研工作开展、管理行为等活动受到了严重阻碍。我国也面临着海洋保护工作资金不足的问题。海洋保护区是一项跨地区、跨部门、跨行业的综合性系统工程,需要投入的资金较多。因此,须广辟资金来源,多渠道增加海洋开发利用与保护的投入。在经费问题上,实行“政府为主,多方参与”的原则。

### 6.5 科研能力建设和人员培训

海洋保护区科研能力建设是确保海洋保护区健

康发展的关键。海洋科学研究有助于更好地了解人类活动对海洋系统的影响,使海洋环境免受人类活动的破坏。海洋自然保护区建区的内容之一即提供开展自然保护区的科研场所。自然保护区建设是一项专业性和技术性都很强的工作,涉及生境保护和恢复、繁育技术、遗传技术、基因技术和信息技术等理论和应用的研究。但我国在这方面与法国等发达海洋国家相比还存差距,应努力克服这一瓶颈,提高我国在海洋保护方面的科研能力。

从保护区的长期发展来看,保护区还应加强自身科研队伍的建设,定期对现有科技人员进行培训,加大专业人才引进的力度,增加具有高级职称的人员占保护区编制人员的比例,成立专门的保护区研究部门,提高保护区管理队伍的整体素质和专业技能,使保护区的潜在能力得到充分发挥。

#### 6.6 加强国际合作

当前海洋保护区不仅仅是一个区域问题,而是全球亟需解决的问题。国际合作发展已经成为世界海洋保护区的发展趋势之一,因为海洋资源的保护是全球性的,而且公海海洋自然保护区的建设需要科研技术的支持,这种合作可以使相关海洋区域互通有无,实现全方位保护。我国作为发展中国家,

需要加强与国际社会尤其是发达国家的合作,这样不仅可以为海洋自然保护区提供部分资金与科研技术支持,而且有助于提高我国的管理水准。我国应在双边和多边基础上并在可行的情况下,在分区域、区域间、区域或全球范围内开展海洋保护方面的国际合作和协调。

#### 7 结语

由于公海的水域面积太大,就目前情形而言,建立公海保护区,用国际法的规制手段,使相关国家共同参与规划、管理这样的公海保护区,是一种契合当下时代背景的公海生物多样性的保护策略之一,也是关注后代人利益的长久之策。

包括法国在内的海洋大国在公海保护区建设方面已经为其他国家提供了许多可资借鉴的宝贵经验。建议我国也应加强这方面的研究,结合我国从近海走向大洋、建设海洋强国的国家大战略,制定我国关于参与国际公海保护区建设的相关战略政策,提高公海科研水平,在维护我国在管辖海域的海洋权益的基础上,积极拓展我国在公海的战略权益,加强我国在公海相关领域话语权,增强我国在国际上的政治和外交地位,扩大我国作为海洋大国在国际的影响力。

## Preliminary Analysis on the Management and Actions towards High Sea Protection Taken by France and its Implication for China

WANG Qi, GUI Jing, GONG Yan-fen, FAN Xiao-ting

(National Marine Data and Information Service, Tianjin 300171 China)

**Abstract:** At present, the protection of the marine environment and biodiversity on the high seas is urgent. Its management and practice in France is introduced, including state-of-the-art marine protection and management mechanisms, laws and policies, and its cooperation with other countries to establish Pelagos Protected Areas on the high seas. This paper points out its inspiration for the related work in China.

**Key words:** high sea; management; marine protected area; practice; Pelagos

# 浅谈宣威市“十一五城考”工作

李萍

(宣威市环保局, 云南 宣威 655400)

**摘要:** 根据宣威市“十一五”期间环境综合整治定量考核的成绩及排名, 分析宣威市城市环境综合整治考核存在的问题, 提出提高宣威市城市环境质量综合定量考核排名的建议。

**关键词:** 城市环境; 综合整治; 定量考核; 问题; 建议; 宣威市

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0014-02

城市环境综合整治定量考核, 简称“城考”, 是对城市环境状况进行具体考核的一项制度, 是实施地方政府环保目标责任制的重要组成部分。1988年9月, 国务院环境保护委员会第13次会议决定对城市环境综合整治实行定量考核。1989年, 第3次全国环境保护会议确定“城市环境综合整治定量考核制度”作为八项环境管理制度之一。

## 1 宣威市的“城考”排名

宣威市于1994年撤县设市, 1996年开始参加云南省的“城考”工作, 历年的“城考”成绩均不理想, 属于排名靠后的城市之一。云南省“十一五”期间参加“城考”的城市共有17个, 其中8个为地级市, 9个为县级市。云南省的“城考”工作是分别对地级市和县级市进行考核, 同样“城考”排名也分地级市和县级市进行各自排名。宣威市属于县级市, 故参加县级市的考核和排名。

表1 宣威市“十一五城考”排名统计情况

考核年份	城考排名	备注
2006年	第6名	处于最后4名内
2007年	第9名	最后1名
2008年	第9名	最后1名
2009年	第6名	处于最后4名内
2010年	第8名	处于最后2名内

从表1可以看出: 宣威市在“十一五城考”工作中的成绩不理想, 且排名经常位于最末。

## 2 宣威“城考”工作中存在的问题和不足

### 2.1 城市环境质量方面的原因

城市环境质量指标体系由城市环境空气质量、集中式饮用水水源地水质达标率、城市水环境功能

区水质达标率、区域环境噪声平均值和交通干线噪声平均值组成。宣威市的环境空气质量中的SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>两项指标的监测值均满足GB3095-1996《环境空气质量标准》的一级标准要求, 而PM<sub>10</sub>的监测值日均浓度偶有超过GB3095-1996《环境空气质量标准》二级标准的, 但全年的日均浓度值满足一级标准要求, 在“城考”的该项指标考核中应得满分20分。但是每次“城考”仅得一半分10分, 主要原因是宣威市的环境空气质量监测方法还属于落后的手工半自动监测方法, 该方法的标准分是10分, 造成了宣威市“城考”工作的满分才90分。而现在全省的其它城市都陆续采用了空气自动监测站对城市环境空气质量进行监测, 其环境空气质量得分是20分, 故宣威市的“城考”还未考核就输了。城市环境空气质量监测方法的落后是造成宣威市的“城考”成绩落后的主要原因之一。

由于城市的基础设施不够完善, 宣威市区的部分生活污水还未收集进入城市污水处理厂进行处理后达标排放, 部分生活污水未经处理直接排入河道, 造成城市水环境功能区的部分指标主要是氨氮超标, 导致水质达标率较低, 这也是造成“城考”得分较低的原因之一。

### 2.2 城市环境基础设施方面的原因

根据考核指标的要求, 宣威市的“城考”工作在该项方面的不足表现在全市的各项污染物的排放量较大, 造成得分偏低。宣威市是一个工业城市, 市内有1个180万kW的火电厂和2个共3.0万kW的小火电, 每年排放大量的SO<sub>2</sub>和烟尘, 造成考核指标中的万元工业增加值主要污染物排放强度中的数值较大, 造成该项指标几乎不得分。2009年由于关停了2个小火电厂, 故排放量略有降低, 该指标的得分有一定提高, 且2009年宣威市环境



保护局按照“城考”的相关要求创建了“烟尘控制区”和“噪声达标区”，也填补了上述两项考核指标一直未得分的局面。故2009年的城考成绩比上两年略有提高。

### 2.3 污染防治方面的原因

该项指标主要是考核生活污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率和建成区绿化率。随着城市的发展，城建部门也加强了城市基础设施的建设，每年的处理率和绿化率都有不同程度的提高。该指标得分低的原因在于污水处理厂和垃圾处理厂必须通过有关部门的验收才可得分。宣威市污水处理厂于2009年通过验收，故2009年的城考成绩由第9名提高至第6名；而垃圾处理厂运营多年，由于多种原因造成至今还未验收，故在生活垃圾无害化处理率这一项上，至今还未得分。

### 2.4 环境管理方面的原因

本项指标主要考核环境保护机构建设和公众对城市环境保护的满意率。宣威市于2002年就建立了健全的、独立的环境保护机构，但在公众对环境保护的满意率指标上有一定不足。国家统计局云南调查总队的调查结果表明，随着生活水平的不断提高，公众对环境保护的要求也在逐步提高，故要求我们的政府职能部门加强对城市环境的管理，尤其是市区的噪声已逐渐成为公众对环境的不满意的

大表现。

### 3 提高宣威市“城考”工作排名的主要对策措施

(1) 争取有关资金，加快对城市环境空气质量空气自动监测站的建立，从根本上解决“城考”工作不能输在起跑线上的问题。

(2) 进一步加强市区的市政排污管网的建设和完善，提高市区生活污水的收集率。

(3) 加强对排污企业的管理，通过安装废气脱硫除尘设施、建设厂内污水处理站可大大减少各项污染物的排放量，从而降低万元工业增加值主要污染物排放强度值，提高“城考”的得分。

(4) 希望有关部门能尽快申请并组织对宣威市垃圾处理厂进行验收，以保证该指标能得分。

(5) 通过政府牵头，各职能部门同心协力配合，加强对城市环境质量管理。

### 4 结论

宣威市的“城考”工作是一项长期而又艰巨的任务，针对“城考”的实际困难和情况，“城考”工作需在市政府的领导下，各相关职能部门联手协作、各负其责，从城市的环保基础设施着手，尽最大努力提高和改善城市的环境质量。城市环境质量的提高不仅是环保部门及相关部门的重要工作，同时也需要城市的每个公民爱护身边的环境，从而提高我们生活的城市的环境质量。

## A Discussion of the Evaluation Work of Urban Comprehensive Environmental Treatment in Xuanwei Municipality during the 11th Five-Year Plan Period

LI Ping

(Xuanwei Municipal Environmental Protection Bureau, Xuanwei Yunnan 655400 China)

**Abstract:** According to the quantitative evaluation results and ranking of Xuanwei Municipality for the comprehensive environmental treatment work during the 11th Five-Year Plan Period, the problems of the urban environmental treatment work are analyzed in the paper. The suggestions are given on how to improve the ranking of Xuanwei Municipality in the evaluation.

**Key words:** urban environment; comprehensive treatment; quantitative evaluation; problems; suggestion; Xuanwei Municipality

# 昆明市主城区三种温室气体的月份和干、湿季的小时变化规律及原因分析

向 峰, 杨 良, 李爱军, 谢海涛, 金 玉  
(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 研究了昆明市主城区3种温室气体浓度的最新变化情况, 采用2009年、2010年和2011年的月份和小时平均浓度数据, 结合昆明市气候特点, 对3种温室气体浓度的月份和干、湿季的小时变化规律及原因进行了分析。

**关键词:** 温室气体; 月份; 干湿季; 浓度; 变化规律; 原因; 昆明

**中图分类号:** X831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0016-04

温室气体 (Greenhouse Gases, GHGs) 是指大气中促成温室效应的气体成分。自然温室气体包括水汽 ( $H_2O$ ) 和二氧化碳 ( $CO_2$ ) (两者大约占26%), 臭氧 ( $O_3$ )、甲烷 ( $CH_4$ )、氧化亚氮 (又称笑气,  $N_2O$ )。水汽所产生的温室效应大约占整体温室效应的60%~70%, 二氧化碳约占26%。此外还有人造温室气体氯氟碳化物 (CFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、氢氟碳化物 (HFCs), 含氯氟烃 (HCFCs) 及六氟化硫 ( $SF_6$ ) 等<sup>[1]</sup>。

人口密集的大城市需要消耗以化石燃料为主的大量能源, 从而排放出了大量的一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、颗粒物等污染物, 同时也制造了一部分温室气体, 比如甲烷、氧化亚氮等。根据昆明市2009年的统计数据, 昆明城市人口628万, 机动车有110多万辆, 地区生产总值为1808亿<sup>[2]</sup>, 按照昆明市的发展规划, 昆明正在努力建设成为中国面向西南开放的区域性国际城市。因此, 在昆明这样快速发展的城市中设立温室气体自动监测系统对研究城市环境空气变化有重要的意义。

云南省环境监测中心站在中国环境监测总站的支持下, 从2008年开始在昆明市主城区设立了一个温室气体自动监测站点, 开展温室气体试点监测, 监测项目为《京都议定书》所提出六类温室气体中的二氧化碳 ( $CO_2$ )、甲烷 ( $CH_4$ ) 和氧化亚氮 ( $N_2O$ )。本文根据2009年、2010年和2011

年3个完整年的监测结果, 对昆明市城区的温室气体的月份变化和干、湿季变化原因进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测仪器

温室气体自动监测系统: 日本堀场制作所生产, 型号: VIA-510; Apha-370; GA-360E。

数据采集系统: 青岛崂山电子仪器总厂生产, 型号: Advantech IPC-510。

氢气发生器: 山东赛克赛斯氢能公司生产, 型号: QL-300。

### 1.2 监测方法

二氧化碳 ( $CO_2$ ) 和氧化亚氮 ( $N_2O$ ) 监测采用非分散红外吸收法 (NDIR)。

甲烷 ( $CH_4$ ) 监测采用氢火焰离子法 (FID)。

### 1.3 数据采集频率与有效性

数据采集系统自动将所采集到的数据按照1min、3min、30min、1h和24h进行算术平均并自动存储。

根据HJ/T 193-2005《环境空气质量自动监测技术规范》中数据有效值规定<sup>[3]</sup>: 在仪器零/跨校准过程中产生的数据不参与统计; 对于仪器在零/跨漂移检查过程中当漂移指标不满足要求时, 该次检查期间中产生的数据计为无效数据, 不参与统计; 遇临时停电时, 在仪器恢复供电到完成预热期间产生的数据不参与统计。对于气态污染物, 每日小时不少于18个有效小时平均值, 取其算术平均值为有效的小时均值, 每月不少于21个有效的小时均值的算术平均值为有效月均值, 每年不少于12个有效月均值的算术平均值为有效年均值。

收稿日期: 2012-09-11

作者简介: 向峰 (1979-), 男, 汉族, 工程师, 主要从事大气环境监测工作。

本研究共获取了3年中有效小时均值20445个,数据捕获率为77.8%。有效的小时均值数据828个,数据捕获率为75.6%。

## 2 结果与讨论

选取昆明市主城区该监测点主要温室气体2009年、2010年和2011年度小时浓度均值和月浓度均值参与讨论,对3年的相同月份的月均值做算术平均处理,并适当进行数据转换得到3年的月份浓度变化趋势图。昆明城市气候干、湿季分明,全年降水量在时间分布上,明显地分为干、湿两季,5~10月为雨季,降水量占全年的85%左右;11月至次年4月为干季,降水量仅占全年的15%左右。按这一气候特点对3年的相同季节相同小时的小时均值做算术平均处理,进行了干、湿季的分类比较并得到不同气体在干、湿季季节的小时变化图。

### 2.1 昆明大气中CO<sub>2</sub>浓度的月份和干、湿季变化规律及原因

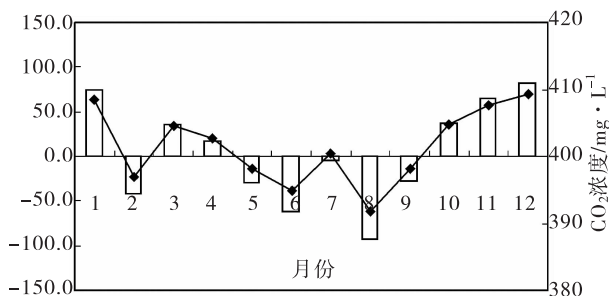


图1 昆明市主城区2009~2011年CO<sub>2</sub>浓度月份变化图

#### 2.1.1 昆明大气中CO<sub>2</sub>浓度的月份变化规律及原因

从CO<sub>2</sub>浓度的月份变化图(图1)可看出,昆明城市大气中CO<sub>2</sub>浓度的月份变化范围为 $-92.8 \times 10^{-6} \sim 82.3 \times 10^{-6}$  (V/V)。3月~8月,月份变化的值由正转负,说明CO<sub>2</sub>浓度由增加变成减少,究其原因,随着昆明在3月份逐步进入春季,气温迅速回升,植物类光合作用能力迅速增强,同时气候条件对CO<sub>2</sub>的扩散效果也明显增加,在CO<sub>2</sub>的源没有增加的情况下,CO<sub>2</sub>的汇持续增强,使得大气中CO<sub>2</sub>浓度从3月开始持续下降,大气中CO<sub>2</sub>浓度在8月达到年度最低值;8月~12月,月份变化的值由负转正,说明CO<sub>2</sub>浓度由减少变成增加,原因是随着昆明在8月份逐步进入秋季,植物类光合作用能力逐渐减弱,在CO<sub>2</sub>的源没有变化的条件下,CO<sub>2</sub>的汇持续减弱,使得大气中CO<sub>2</sub>浓度从8月开始持续增加,大气中CO<sub>2</sub>浓度在12月达到年度最高

值;12月~次年2月,月份变化的值由正转负,说明CO<sub>2</sub>浓度由增加变成减少,主要原因是随着昆明12月~次年2月份逐步进入冬季,昆明独特的气候条件对CO<sub>2</sub>的扩散作用增强,在CO<sub>2</sub>的源和汇没有明显变化的情况下,使得大气中CO<sub>2</sub>浓度从12月开始持续下降直至次年2月停转回升,然后继续下一个月份变化轮回。

#### 2.1.2 昆明大气中CO<sub>2</sub>浓度的干、湿季的小时变化规律及原因

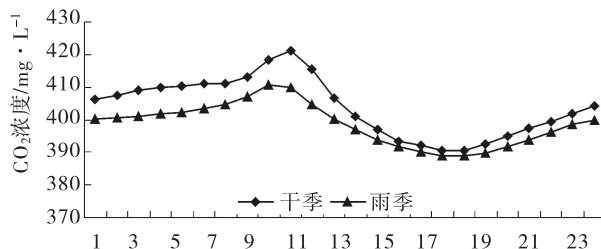


图2 昆明市主城区2009~2011年CO<sub>2</sub>浓度在干、湿季的小时变化图

根据现有的调查研究资料,CO<sub>2</sub>在城市大气中的主要排放源为工业生产和汽车尾气排放<sup>[4]</sup>,透过CO<sub>2</sub>浓度在干湿季的小时变化图(图2)可看出,在城市中人类的生产、生活和气象条件的共同作用下,CO<sub>2</sub>浓度在24h内出现明显的变化规律;在上午9时~11时出现每天浓度的最大值,在下午17时~19时出现每天浓度的最低值,从上午9时开始,植物类光合作用能力增强,CO<sub>2</sub>浓度开始出现持续下降,在下午19时达到浓度低点;之后随着城市的交通和居民生活的开始,CO<sub>2</sub>浓度开始出现持续上升,在晚间23时达到浓度高点;随后,源和汇没有明显变化,在气象条件的作用下,CO<sub>2</sub>浓度开始出现稳定过渡的情况;5时~9时期间内受城市交通和居民生活的影响开始出现逐步上升的趋势。然后继续每天的变化轮回。

从2009年和2010年降雨量数据和CO<sub>2</sub>月份平均浓度的Pearson相关性分析( $p > 0.05$ ,  $n = 24$ )来看,两者之间没有明显的相关性,验证了CO<sub>2</sub>在常温常压条件下在水中溶解度极小的物理特性,即降雨对CO<sub>2</sub>平均浓度的影响不明显的结果(见图2)。

### 2.2 昆明大气中CH<sub>4</sub>浓度的月份和干、湿季的小时变化规律及原因

#### 2.2.1 昆明大气中CH<sub>4</sub>浓度的月份变化规律及原因

从CH<sub>4</sub>浓度的月份变化图(图3)可看出,昆明城市大气中CH<sub>4</sub>浓度的月份变化范围为 $-94.4 \times 10^{-6} \sim 85.8 \times 10^{-6}$  (V/V)。2月~10月,

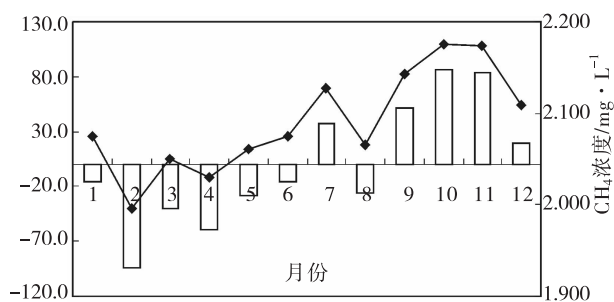


图3 昆明市主城区2009~2011年CH<sub>4</sub>浓度的月份变化图

月份变化的值由负转正，说明CH<sub>4</sub>浓度由减少变成增加，原因是随着昆明在2月份逐步进入热季，气温逐步回升，在工业生产和汽车尾气排放不具有季节性变化特点的条件下，城市大气甲烷生物源（污水处理厂、生活垃圾堆放、污水管网等）的强度随气温升高逐渐增强，使得大气中CH<sub>4</sub>浓度从2月开始持续上升，大气中CH<sub>4</sub>浓度在10月达到年度最高值；10月~次年2月，月份变化的值由正转负，说明CH<sub>4</sub>浓度由增加变成减少，原因是随着昆明在2月份逐步进入冷季，气温逐步回落，在工业生产和汽车尾气排放不具有季节性变化特点的条件下，城市大气甲烷生物源（污水处理厂、生活垃圾堆放、污水管网等）的强度随气温回落逐渐减弱，使得大气中CH<sub>4</sub>浓度从10月开始持续下降，大气中CH<sub>4</sub>浓度在2月达到年度最低值，然后继续下一个月份变化轮回。

### 2.2.2 昆明大气中CH<sub>4</sub>浓度的干、湿季的小时变化规律及原因

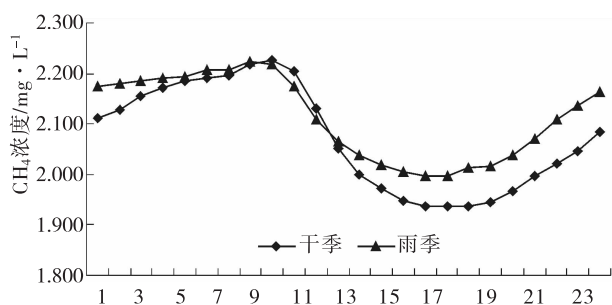


图4 昆明市主城区2009~2011年CH<sub>4</sub>浓度在干、湿季的小时变化图

从CH<sub>4</sub>浓度在干湿季的小时变化图（图4）可看出，在城市中人类的生产、生活和气象条件的共同作用下，CH<sub>4</sub>浓度在24h内出现明显的变化规律；在上午9时~11时出现每天浓度最大值，在下午17时~19时出现每天浓度的最低值。上午9时~下午19时，随着城市气温开始逐步上升，城市大气甲烷生物源（污水处理厂、生活垃圾堆放、污水管网

等）的强度随气温升高逐渐增强，但在城市交通流量持续下降的条件影响下，大气中CH<sub>4</sub>浓度出现持续下降趋势，在下午19时达到浓度低点；之后随着城市的交通流量的再次增强，CH<sub>4</sub>浓度开始出现持续上升，在晚间23时达到浓度高点；随后，源和汇没有明显变化，在气象条件的作用下，CH<sub>4</sub>浓度开始出现稳定过渡的情况；在5时~9时期间内受城市交通变化的影响开始出现逐步上升的趋势。然后继续每天的变化轮回。

对2009年和2010年的降雨量数据和CH<sub>4</sub>月份平均浓度的Pearson相关性分析（ $p > 0.05$ ,  $n = 24$ ）说明两者之间没有明显的相关性，验证了CH<sub>4</sub>在常温常压条件下在水中溶解度极小的物理特性，即降雨对CH<sub>4</sub>平均浓度的影响不明显的结果（见图4）。

### 2.3 昆明大气中N<sub>2</sub>O浓度的月份和干、湿季的小时变化规律及原因

#### 2.3.1 昆明大气中N<sub>2</sub>O浓度的月份变化规律及原因

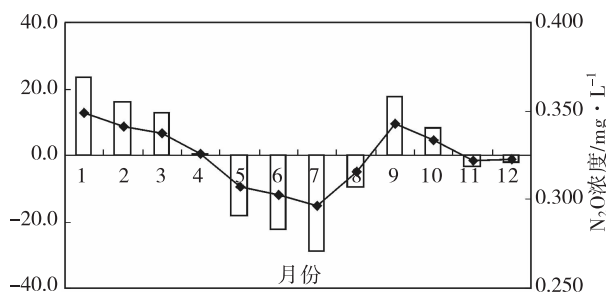


图5 昆明市主城区2009~2011年N<sub>2</sub>O浓度的月份变化图

城市大气中N<sub>2</sub>O的主要排放源为土壤中氮的硝化和反硝化过程，化石燃料和生物质燃料燃烧以及己二酸和硝酸生产。从N<sub>2</sub>O浓度的月份变化图（图5）可看出，昆明城市大气中N<sub>2</sub>O浓度的月份变化范围为 $-28.7 \times 10^{-6} \sim 23.6 \times 10^{-6}$ （V/V）。1月~7月，月份变化的值由正转负，说明N<sub>2</sub>O浓度由增加变成减少，原因是随着昆明的气象条件在1月份逐步转变，在高原气象条件的影响下，城市大气N<sub>2</sub>O的汇在逐步增强，抵消甚至降低了其他排放源的影响，使得大气中N<sub>2</sub>O浓度从1月开始持续下降至7月达到年度最低值；7月~9月，月份变化的值由负转正，说明N<sub>2</sub>O浓度由减少变成增加，原因是在气象条件影响减弱的条件下，城市大气N<sub>2</sub>O的浓度在逐步升高；9月~11月，月份变化的值由正转负，说明N<sub>2</sub>O浓度由增加变成减少；11月~次年1月，月份变化的值由负转正，说明

N<sub>2</sub>O 浓度由减少变成增加,使得大气中 N<sub>2</sub>O 浓度从 11 月开始持续上升至次年 1 月达到年度最高值。因此,在昆明城市大气中 N<sub>2</sub>O 的主要影响因素为高原气候的季节变化。

### 2.3.2 昆明大气中 N<sub>2</sub>O 浓度的干、湿季的小时变化规律及原因

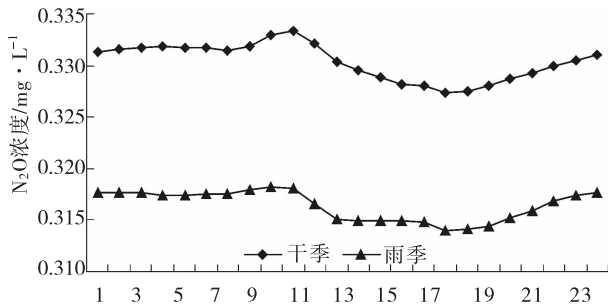


图6 昆明市主城区2009~2011年N<sub>2</sub>O浓度在干、湿季的小时变化图

从 N<sub>2</sub>O 浓度在干湿季的小时变化图 (图 6) 可看出,在城市中人类的生产、生活和气象条件的共同作用下, N<sub>2</sub>O 浓度在 24h 内出现了一定的变化规律,在上午 9 时~11 时出现每天浓度的最大值。2009 年和 2010 年的降雨量数据和 N<sub>2</sub>O 月份平均浓度的 Pearson 相关性分析 ( $r = -0.617$ ,  $p < 0.001$ ,  $n = 24$ ) 说明两者之间存在明显的相关性,验证了 N<sub>2</sub>O 在常温常压条件下在水中有一定的溶解度的物理特性,即在降雨条件下对 N<sub>2</sub>O 平均浓度的影响较为明显的结果 (见图 6)。

## 3 结论

(1) 对 3 种温室气体浓度月份变化的原因分

析,能够比较好地解释 3 种温室气体浓度的变化规律。对于 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 来说,受城市交通条件和居民生活的影响较为明显;对于 N<sub>2</sub>O 来说,受高原气象条件的影响较为明显。

(2) 对 3 种温室气体浓度干、湿季的小时变化的原因分析,能够比较好地解释 3 种温室气体浓度变化受降雨天气的影响情况,影响的程度依次为氧化亚氮 (N<sub>2</sub>O) > 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) > 甲烷 (CH<sub>4</sub>),同时也验证了 3 种温室气体的物理化学性质,常温下在水中的溶解度依次为氧化亚氮 (N<sub>2</sub>O) > 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) > 甲烷 (CH<sub>4</sub>)。

(3) 通过昆明市主城区 1 个站点近 3 年来 3 种温室气体的连续监测,进一步验证了城市中人类活动对温室气体浓度变化的明显影响。在一定范围说明了昆明城市温室气体浓度变化的规律,也证明了城市人类活动对温室效应的“贡献”,城市也是温室气体减排中的一个重要组成部分。

(4) 希望随技术手段的提高和更长时间的监测,通过更多的调查研究找到与昆明城市温室气体变化更多相关的源和汇,通过分析能更加清晰地看出昆明城市温室气体变化的规律。

### 参考文献:

- [1] 维基百科编者. 温室气体 [Z]. 维基百科, 2012 [2012-07-04].
- [2] 昆明市统计局. 昆明统计年鉴 2009 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [3] HJ/T 193-2005, 环境空气质量自动监测技术规范 [S].
- [4] 刘强, 王跃思, 王明星. 北京地区大气主要温室气体的季节变化 [J]. 地球科学进展, 2004, 19 (5): 817-823.

## Monthly Change and Hourly Change in Dry and Wet Seasons of Three Greenhouse Gases and Their Cause Analysis in the Urban Center of Kunming

XIANG Feng, YANG Liang, LI Ai-jun, XIE Hai-tao, JIN Yu

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

**Abstract:** The latest change of the concentration of the three greenhouse gases (GHG) in the urban center of Kunming City is studied. The monthly and hourly average data of their concentrations in 2009, 2010 and 2011 are studied to find out their variation patterns and analyzes the causes in consideration of the climatic features of Kunming City.

**Key words:** greenhouse gas; month; dry and wet season; concentration; change pattern; cause; Kunming

# 威远江自然保护区思茅松种群的林窗更新研究

廖迎芸<sup>1</sup>, 彭明春<sup>2</sup>, 党承林<sup>2</sup>

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 云南大学, 云南 昆明 650091)

**摘要:** 在野外考察的基础上, 运用径级结构、高度结构的方法对思茅松种群的林窗更新进行研究, 研究表明: 思茅松纯林的林窗更新与灌木层盖度, 尤其是草本层盖度密切相关。灌木层盖度的大小影响幼苗的存活, 灌木层盖度小, 幼苗存活率高。草本层盖度的大小影响种子的萌发, 草本层盖度小, 种子萌发率高。在针阔混交林林窗中, 当常绿阔叶树稀少或土层浅薄时, 思茅松更新个体年龄差异大, 当常绿阔叶树长势好且密度较大时, 思茅松更新个体年龄普遍差异较小。

**关键词:** 思茅松; 种群; 林窗; 更新

**中图分类号:** X173 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0020-06

思茅松是云南的“特有植物”, 经济价值高, 是不可取代的遗传材料<sup>[1]</sup>。云南省虽然建立了威远江自然保护区保护思茅松种源, 但至今保护区内开展的科学研究不多<sup>[2]</sup>。本次研究通过对思茅松种群的林窗更新研究, 为思茅松种质资源的保护和森林资源有效管理提供科学依据。

## 1 研究地概况

威远江自然保护区位于云南省景谷县境内。保护区地理位置为北纬 23° 06' ~ 23° 17', 东经 100° 31' ~ 100° 35', 距景谷县城 61km。保护区属无量山脉威远江水系, 境内地形分割破碎起伏较大, 山高坡陡, 为典型的中心切割窄谷地形。海拔多在 1000 ~ 1500m, 最高点 1734m。保护区内的土壤中赤红壤占最大比例。由于高温多雨, 水热同季, 有机质分解较快, 土壤腐殖质层较薄, 自然肥力较低。根据景谷县气象站资料, 当地年均气温 20.1℃, 极端最高气温 38.6℃, 极端最低气温 0.2℃, 年总降水量 1026 ~ 1402mm, 年蒸发量 1601 ~ 2022mm。

保护区内及周边主要为思茅松纯林和针阔混交林, 季风常绿阔叶林有少量分布。其中分布面积最大的是思茅松纯林, 群落结构分乔木、灌木、草本三层。乔木层以思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) 为优势种, 其他物种数量少, 偶见有黄毛青冈 (*Cyclobalanopsis delavayi*)、滇青冈 (*C. glau-*

*coides*)、毛叶青冈 (*C. kerrii*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、槲栎 (*Q. aliena*)。灌木层常见种类有: 母猪果 (*Helicia nilagirica*)、臭荚蒾 (*Viburnum foetidum*)、余甘子 (*Phyllanthus emblica*)、米饭花 (*Vaccinium sprengelii*)、大叶算盘子 (*Glochidion lanceolarium*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、野漆 (*Toxicodendron succedaneum*)、水锦树 (*Wendlandia parviflora*)、云南黄杞 (*Engelhardtia spicata*)、卵叶南烛 (*Lyonia ovalifolia*)、滇银柴 (*Aporosa yunnanensis*)、黑面神 (*Breynia fruticosa*) 等。草本层常见种类有: 三点金草 (*Desmodium triflorum*)、长尖莎草 (*Cyperus cuspidatus*)、斑茅 (*Saccharum arundinaceum*)、无芒竹叶草 (*Oplismenus compositus*)、紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*)、宿包豆 (*Shuteria involucrata*)、拟鳞毛蕨 (*Kuniwatsukia cuspidata*)。

针阔混交林以思茅松、黄毛青冈、华南石栎 (*Lithocarpus fenestratus*) 构成, 分布面积小, 结构分乔木上层、乔木下层、灌木层、草本层四层。组成物种数相对丰富, 常见种类有毛果柃木 (*Eurya trichocarpa*)、高山栲 (*Castanopsis delavayi*)、栓皮栎、西南桦 (*Betula alnoides*)、滇银柴、米饭花、盐肤木、水锦树、野牡丹 (*Melastoma candidum*)、余甘子、西南杭子梢 (*Campylotropis delavayi*)、酸藤子 (*Embelia laeta*)、红梗润楠 (*Machilus rufipes*)、茶梨 (*Anneslea fragrans*)、云南黄杞、卵叶南烛、灰毛浆果楝 (*Cipadessa cinerascens*)、思茅蒲桃 (*Syzygium szemaoense*)、白牛胆 (*Inula cap-*

收稿日期: 2012-11-20

作者简介: 廖迎芸 (1981-), 女, 汉族, 工程师, 主要从事生态学相关研究。

pa)、小槐花 (*Catenaria caudata*)、耳草 (*Hedyotis auricularia*)、金发草 (*Pogonatherum paniceum*)、毛姜花 (*Hedychium villosum*)、沿阶草 (*Ophiopogon bodinieri*)、长尖莎草、臭黄皮 (*Clausena emarginata*)、紫茎泽兰、硬秆子草 (*Capillipedium assimile*)、大叶千斤拔 (*Flemingia macrophylla*)、棕叶芦 (*Thysanolaena maxima*)、鸢尾 (*Iris tectorum*)。

## 2 研究内容和方法

### 2.1 研究内容

广义上的更新即演替,涉及一个较大的时间尺度,存在较多的争议。因此,本次研究针对狭义的更新,即对思茅松种群(思茅松纯林、思茅松针阔混交林)进行更新研究。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 野外样地调查

个体年龄:采取人工伐倒思茅松树后数树干基部的年轮来确定。

林窗年龄:由于林窗形成木高度腐烂,难以从腐烂程度来确定其真实年龄,因此林窗年龄采用选取林窗内较大的思茅松2~3棵,计算其个体年龄平均值来估算。

林窗面积:选取面积相近的不同林窗,从林窗中心向外划定一块10×10m即面积为100m<sup>2</sup>的区域作为林窗更新的样地代表以减少分析中的变量。

#### (1) 思茅松纯林的林窗更新

根据调查选取了3个不同灌草层盖度的林窗样地Q1~Q3。分别记录3个样地的环境概况、群落特征以及样地中每株思茅松的胸径、高度、冠幅、生活力(分强、中、弱3个等级)。

#### (2) 思茅松针阔混交林的林窗更新

根据调查选取了2个针阔混交林林窗样地Q4~Q5,分别记录2个样地的环境概况、群落特征

以及样地中每株思茅松的胸径、高度、冠幅、生活力。

生活力又称生活强度或茂盛度,主要反映生态上的适应和竞争能力,不包括因物候原因而生活力变化者。一般分为3级:

生活力强:植株高度较高,枝叶繁茂,生长旺盛,在群落中生长势很好;

生活力中:植株高度中等,一般低于最高植株0.5m~1.0m,生长势一般;

生活力弱:植株高度较矮,一般低于生活力中等植株0.5m~1.0m,枝叶稀疏,生长柔弱。

### 2.2.2 数据处理

#### (1) 径级结构图的编制

径级结构对于认识更新机制非常重要且效果好<sup>[3-4]</sup>,本研究采用径级结构代替年龄结构,将调查的胸径(DBH)以2cm为一个径级划分标准作出径级结构图<sup>[5]</sup>。即0cm<Ⅰ级≤2cm,2cm<Ⅱ级≤4cm,4cm<Ⅲ级≤6cm,6cm<Ⅳ级≤8cm,8cm<Ⅴ级≤10cm,10cm<Ⅵ级≤12cm,12cm<Ⅶ级≤14cm,14cm<Ⅷ级≤16cm。

#### (2) 高度结构图的编制

高度结构的划分标准为:0m<Ⅰ级≤1.5m,1.5m<Ⅱ级≤3.5m,3.5m<Ⅲ级≤5.5m,5.5m<Ⅳ级≤7.5m,7.5m<Ⅴ级≤9.5m。

#### (3) 环境因子与更新的关系

根据样地环境概况,比较群落小环境(海拔、坡度、坡向等)的差异及其与更新的关系。

## 3 研究结果及分析

本研究共调查了5个样地,其中思茅松纯林3个,针阔混交林2个,样地概况见表1。

### 3.1 思茅松纯林的林窗更新

选取的3个不同灌草层盖度样地的群落特征见表2。

表1 调查样地的环境概况

样地编号	群落类型	样地面积/m <sup>2</sup>	海拔/m	坡向	坡度/°
Q1	思茅松纯林	100	1600	NE	10
Q2	思茅松纯林	100	1650	SW	30
Q3	思茅松纯林	100	1680	SW	10
Q4	针阔混交林	100	1210	NW	25
Q5	针阔混交林	100	1200	NE	25

表2 不同灌草丛盖度的样地群落特征表

样地编号	Q1	Q2	Q3
林窗年龄/y	22	23	22
林窗形成原因	3 棵枯倒思茅松树形成	3 棵枯倒思茅松树形成	2 棵枯倒木、1 颗枯立木形成
群落高度/m	9	10	10
群落总盖度/%	95	80	85
乔木层高度/m	9	10	10
乔木层盖度/%	40	50	80
灌木层高度/m	2.5	1.5	3
灌木层盖度/%	25	15	20
草本层高度/m	1.2	0.3	0.4
草本层盖度/%	50	25	5
灌木层主要物种	茶梨、云南黄杞、米饭花、 红木荷、水锦树、毛果柃木	红木荷、水锦树、 羽叶黄檀	茶梨、米饭花、 水锦树
草本层主要物种	刺茅野古草、短叶金茅、 硬秆子草、棕叶芦	刺茅野古草	刺茅野古草
备注	林窗周围有思茅松林	林窗周围有思茅松林	林窗周围有思茅松林

样地 Q1 (见图 1) 中思茅松种群径级结构为倒金字塔形, 共有思茅松 51 株, V 级和 IV 的数量较多, 占 29.4% 和 27.5%; VI 级的数量稍少于 V 级; 从 V 级到 I 级数量逐步递减, 到 I 级仅剩 2 株, 占 3.9%。形成该径级结构的原因是林窗形成后光照强度增大、光照时间增长, 有利于林窗种子库中的思茅松种子萌发, 位于 VI 级的思茅松最早萌发, 由于没有上层物种的遮挡, 能够迅速占领林窗空地的上层空间, 但这一级定居的思茅松数量不多, 随着周围思茅松林的进一步补充种子, 定居的思茅松数量逐渐增加, 因此, V 级和 IV 级的数量多于 VI 级。从 V 级到 I 级数量逐步递减的最重要原因是, 林窗形成后不断增加最后高达 75% 灌草层盖度尤其是高达 50% 的草本层盖度, 显著地抑制了思茅松种子的萌发、生长。而且随着早期定居的思茅松的生长、林窗的逐步郁闭, 林下光照减弱, 传播来的种子即使萌发也会因光照达不到光补偿点而死亡。

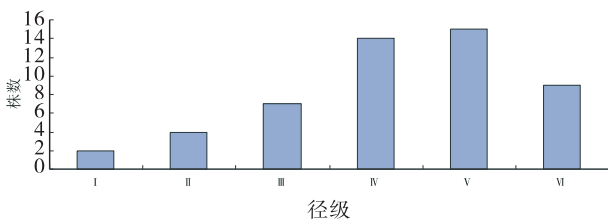


图1 样地Q1中思茅松种群径级结构图(灌草层盖度高)

样地 Q2 (见图 2) 和样地 Q3 (见图 3) 的径级结构除 I 级数量稍少外, 整个结构为金字塔形。其中 Q2 内共有思茅松 51 株, II 级和 III 级数量最多分别

占 39.2% 和 27.5%, I 级和 V 级数量最少, 占 7.8% 和 5.9%。样地 Q3 内共有思茅松 79 株, I 级有 10 株, II 级和 III 级数量最多, 分别占 31.7% 和 30.4%, 往后数量减少, 到 VII 级仅有 1 株, 占 1.3%。形成该径级结构的原因是初期传播进来的种子数量较少, 且缺少适宜种子萌发生长的土壤, 因此成功萌发生长的幼苗数量比较少。II 级到 III 级的数量最多, 说明两个种群均有较大的幼苗储备, 主要原因是低盖度灌草层尤其是低密度的草本层有利于种子萌发。幼苗存活率高。这种较高的幼苗储备和存活率为思茅松在林窗内实现良好更新提供了基础。

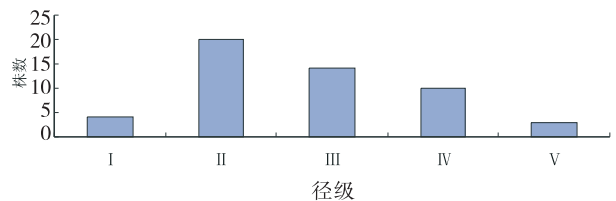


图2 样地Q2中思茅松种群径级结构图(灌草层盖度中等)

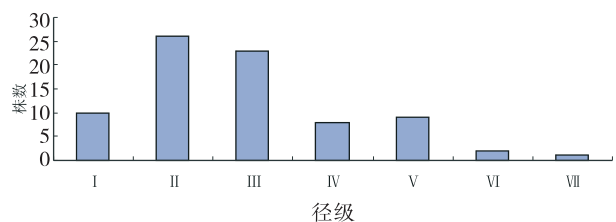


图3 样地Q3中思茅松种群径级结构图(灌草层盖度低)

比较三者的环境条件, 海拔相差不到 100m 且样地 Q1 的海拔更接近思茅松良好更新的海拔范围。



样地 Q1 虽处于半阴（东北）坡上，光照没有半阳（西南）坡充足，但由于其乔木层盖度为 40%，比其它两个样地低，因此 3 个样地林下光照差别不大。比较 3 个样地的灌木层盖度分别为 25%、15% 和 20%，差异不大，主要是草本层盖度差异较大，分别为 50%、25% 和 5%，呈现递减趋势，因此可以认为灌丛层盖度尤其是草本层盖度是造成三者径级结构差异的主要原因。灌草层对更新的影响主要有以下两个方面：

当灌草层盖度尤其是草本层盖度很高的时候，对更新有极大的影响，表现在 3 个方面：①灌木层盖度高说明灌木层物种生长繁茂，占据了绝大部分空间，即使思茅松种子能够成功萌发，也因缺乏适宜的生境面临难以更新的困境。②草本层盖度高意味着它们会截留每年补充的很大比例的思茅松种子，加上草本层在表土层形成极密的草根盘结以及枯枝落叶形成的地被物减少了种子接触到土壤的机率，从而降低了种子萌发的机率，而种子的萌发是实现更新的首要条件。③灌草层共同组成的林下层在某程度上可以改变微环境，如凋落物的厚度、光照、温度以及土壤湿度等。较高的灌草层盖度产生了较多的枯枝落叶物，即使在枯枝落叶层上成功萌发的种子，在干旱季节也会由于水分供给的有限性，林窗内光照低于其光补偿点，或其它可利用资源的缺乏，导致幼苗死亡率高。

当灌草层盖度尤其是草本层盖度中等和低的时候，草本层阻隔的种子比高盖度的草本层阻隔的要少，而且部分截留的种子还可能被雨水冲刷或被风吹动而落入土壤，因此有较多的种子能够萌发。而且灌木层内物种稀疏，群落内有可利用空间，种内和种间竞争相对减弱，大大提高了更新的成功率。

可见，影响更新不同阶段的主导因子不同，其中影响种子萌发的主导因子是草本层盖度。较高的草本层盖度严重影响了种子的萌发，无法迈出种群更新的第一步。而较低的草本层盖度则有利于使较多的种子直接接触地面土壤，更新较好。灌木层盖度大小则影响幼苗的存活，较低的灌木层盖度表明还有可利用的空间和资源，有利于幼苗生长。此外，幼苗能否正常生长发育还受到群落微环境、环境容量等多个因素的影响。

### 3.2 针阔混交林的林窗更新

根据调查样地的径级结构和高度结构图，存在种群内个体间年龄差异大和个体间年龄差异小的不同现象。

#### 3.2.1 林窗内思茅松年龄差异大

林窗是约 18 年前由 3 棵思茅松树自然枯倒后形成的。该林窗处于下坡位，环境异质性比较明显。林窗北向地段较陡，母岩裸露，土层浅薄贫瘠，有雨水冲刷形成的多条大小不一的小冲沟；而南向地段坡度相对平缓，地表有少量的灌木草本植物。

样地 Q4 为思茅松、麻栎、华南石栎的针阔混交林。群落总盖度 70%，其中乔木层高 9m，盖度 70%。除建群种外，还有滇银柴、余甘子、米饭花；灌木层高 3m，盖度 15%；草本层缺乏，高 0.5m，盖度仅为 10%。

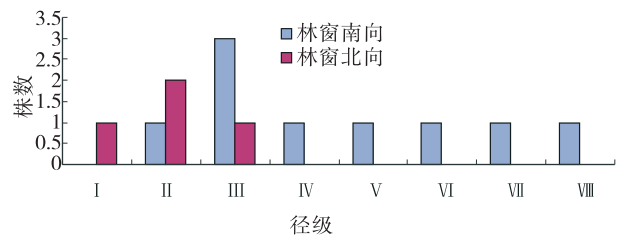


图4 针阔混交林林窗中的思茅松径级结构图

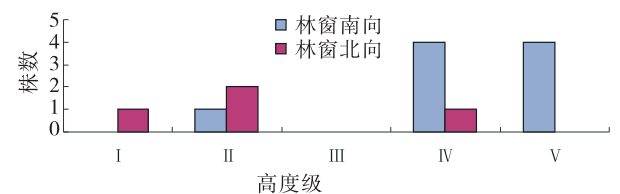


图5 针阔混交林林窗中的思茅松高度结构图

径级结构图中各个阶段均有分布，但位于林窗南向的 9 棵思茅松和其它常绿阔叶树种长势好，思茅松最高达 9.0m，比其它常绿阔叶树种高 1m 左右，除 1 株思茅松仅为 3.5m 外其余均高于 6.0m，平均胸径为 8.2cm；而位于林窗北向的裸露地带仅长有 3 株思茅松幼苗和 1 株幼树，除幼树高 7.0m 外，幼苗均低于 3.0m，平均胸径为 3.0cm。

比较径级结构图和高度结构图，可以看出位于林窗南北两侧的思茅松在高度和胸径上差异较大，位于南向最早进入林窗的思茅松和位于北向高度仅为 0.3m 的一年生幼苗年龄差异可达到 17 年左右。位于林窗南向的思茅松数量多，平均年龄大，位于林窗北向的思茅松数量少，平均年龄小，长势差。形成这种差异的原因是同一个林窗内，环境并非完全同一和均质，位于南向的思茅松在高度上普遍高于北向的思茅松，说明了两侧思茅松在该林窗内更新时间上的不等性。

导致这种更新时间上的不等性是由于以下 3 个原因单独或综合作用的结果：①在土壤条件相对较

好和相对平缓的南向地段，进入林窗的思茅松和常绿阔叶树种的种子很快萌发长成幼苗，群落环境随之发生改变，林下逐渐阴蔽且该群落处于半阴（西北）坡上，后期进入的思茅松种子在荫蔽的环境下难以萌发或存活，因此位于南向的思茅松年龄较大且林下幼苗在林窗形成一定时间后数量极少。②在林窗北向裸露地段上，由于常绿阔叶树种的种子较大，在坡度为25°的山坡上容易受重力作用向下滚落，偶有种子能够停留下来，也因土壤浅薄贫瘠、缺少水分等恶劣环境条件而难以萌发或存活。③下落在该裸露地段上的思茅松种子暴露于地表，也相对增大了被啮齿动物采食的机率，保留下来的种子数量少。然而思茅松在长期的进化过程中，发展了自身应对不良环境条件的机制。它每年都生产大量种子，发育成熟的种子总有机会落入裸露地面的缝隙中或冲沟以外的较平缓的小斑块中，一旦条件适宜，思茅松种子就迅速萌发生长，但比之水热土壤条件好的生境，其生长速度受到一定影响。另外，这种地段有比较充裕的空间供生长，因此出现了数量少且高矮参差不齐的思茅松在裸露地段上。

### 3.2.2 林窗内思茅松年龄差异小

林窗是约13年前由2棵思茅松大树自然枯倒后形成的。样地Q5是以思茅松、西南桦、茶梨为共优种的针阔混交林。群落总盖度达85%，其中乔木层高10m，盖度75%，思茅松和西南桦比茶梨高2~3m，灌木层高5m，盖度20%，主要种类有水锦树、云南黄杞；草本层高1m，盖度40%，枯枝落叶层厚约2cm。

样地Q5中共有思茅松幼树12株，年龄差异最大为4年，其中生活力强的6株（包括1株11年生、4株9年生、1株8年生），平均高度8.5m，较茶梨等常绿阔叶树高1.5m；生活力中等的4株（包括1株11年生、2株8年生、1株7年生），平均高度6.7m，和常绿阔叶树相差不大；生活力差的2株（包括1株8年生、1株7年生），平均高度5.9m，较常绿阔叶树低约1m，此外还有一些阔叶树幼苗和2株胸径<2.5cm的枯死的思茅松幼苗。

样地中树种是林窗形成后侵入的，乔木层中思茅松和西南桦都是速生树种，它们均高居于常绿阔叶树种之上；而茶梨、水锦树生长速度稍慢，高度上低于思茅松和西南桦。

早进入林窗的思茅松比晚进入林窗的思茅松普遍表现出生活力强的特征。这是因为早进入林窗的思茅松比常绿阔叶树高1.5m，更容易获取光照资

源；而晚进入林窗的思茅松高度上低常绿阔叶树约1m，容易受到高思茅松和阔叶树种的荫蔽，难以获得充足的光照，长势差。对于个别年龄相同但生活力不同的思茅松，如：样地中同是8年生的思茅松却表现出强、中、弱3种生活力特征，这主要是种子遗传本身的差异，其次与周围个体的竞争也有关系。遗传性状好的个体在周围物种竞争中能够获得优势，长势良好。

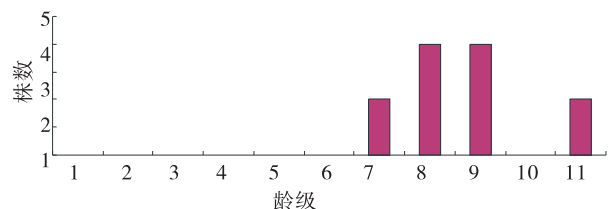


图6 思茅松在针阔混交林林窗中的年龄结构图

林窗内无7年生以下的幼苗，其原因是随着早期思茅松和其它阔叶树种的定居生长，思茅松幼苗的生长受到强烈的抑制。当林窗郁闭后，林下光照十分微弱，仅存的2株思茅松幼苗在这种环境中难以存活，最终枯死，因而乔木层中思茅松年龄差异小，草本层中无幼苗，灌木层中则相继出现了耐阴性较强的阔叶树幼种。但是随着林窗的郁闭，思茅松种群的更新可以通过在当地的陡坡上，现有群落上层的枯倒木或风倒木产生“多米诺效应”——第一株树撞倒第二株树上，第二株树接着又撞倒第三株树，这样一株大树树倒能产生比它本身所占空间更大的林窗来开始新的进程。

## 4 结语

在威远江自然保护区的管理中，对于思茅松纯林，采取天然更新为主、人工抚育间伐为辅。当种群密度过高，尤其是灌草丛盖度较高时，伐除其中矮小、弯曲、断梢、有病害的植株，避免造成种群个体小、种质资源差的局面。

对于针阔混交林，若常绿阔叶树种生长过于繁茂，应保留树桩合理伐除其中一部分生长旺盛的常绿阔叶树种，形成林窗，同时让阔叶树进行萌生。当常绿阔叶树种的萌生枝再次形成较大的荫蔽时，应再次对萌生枝进行部分修剪，这样便增大了林下的光照强度，为思茅松更新创造条件，不仅有利于思茅松种质资源的保护，而且有利于常绿阔叶树种发挥保护生物多样性和水土保持的功能。

### 参考文献：

- [1] 邹天才. 贵州特有种子植物种质资源与利用评价研究 [J]. 林业科学, 2001, 37 (5): 46.
- [2] 吴兆录. 思茅松研究现状的探讨 [J]. 林业科学, 1994, 30

- (2): 151–156.
- [3] Shimano K. A power function for forest structure and regeneration pattern of pioneer and climax species in patch mosaic forests [J]. *Plant Ecology*, 2000, (146): 207.
- [4] 闫桂琴. 秦岭太白红杉种群结构与动态的研究 [J]. *应用生态学报*, 2001, 12 (6): 824.
- [5] 胡万良. 人工诱导阔叶红松林种群结构及分布格局 [J]. *东北林业大学学报*, 2000, 28 (3): 56.
- [6] F. H. 鲍尔曼. 森林生态系统的格局与过程 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 139.

## A Study on the Gap Generation of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* in Weiyuanjiang Nature Reserve

LIAO Ying-yun<sup>1</sup>, PENG Ming-chun<sup>2</sup>, DANG Cheng-lin<sup>2</sup>

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

**Abstract:** Based on the field survey, the gap generation of the population is analyzed through DBH structure and height structure. The results show that the *Pinus kesiya* var. *langbianensis* generation in gaps is related to the shrub and herb cover, especially the herb cover. The shrub cover influences the survive of seedlings, and the low shrub cover induces high germination of the seeds. In the gap of coniferous and broad-leaved mixed forest, the age of the pine individuals differs greatly when the evergreen broad-leaved trees are sparse and the soil is thin; on the contrary, the pine individuals differ slightly in age when the evergreen broad-leaved trees are densely and well grown.

**Key words:** *Pinus kesiya* var. *langbianensis*; population; gap; regeneration

# 基于 RS 与 GIS 通海县土地利用/土地覆盖变化研究

王艳英, 王金亮

(云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:**以 1992 年 TM 和 2006 年 ETM<sup>+</sup> 影像提取通海县土地利用信息, 根据最佳指数因子 (OIF) 的最佳组合波段, 在最佳组合波段下利用遥感图像处理软件 ERDAS9.2 选择监督分类方法, 获取通海县 1992~2010 年土地利用/土地覆盖变化信息。结果表明: 15a 来该地区土地利用程度加强: 耕地、建设用地显著增加, 水域面积虽有萎缩, 但变化不大; 驱动土地利用变化的主要因素是人口增长、城镇化水平提高与经济的快速发展。

**关键词:** 遥感技术; 土地利用/土地覆盖; 变化研究; 通海县

**中图分类号:** X87   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0026-04

土地资源是人类赖以生存和发展的物质基础, 是社会发展和农业发展的最基本物质资料。随着全球环境变化研究的深入, 土地利用/土地覆盖变化 (LUCC) 及其引起的生态环境问题受到人们的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。20 世纪 90 年代, 国际组织——地圈与生物圈计划 (IGBP) 和全球环境变化人文领域计划 (HDP) 联合提出“土地利用/土地覆盖 (LUCC)” 研究计划, 使 LUCC 研究成为全球变化研究的前沿和热点领域<sup>[3-5]</sup>。“3S” 技术的崛起, 使土地利用/土地覆盖研究从传统土地资源的调查转向借助 GIS 和 RS 等技术手段进行的动态监测及研究, 并取得不少进展。

通海县是滇中经济区重要组成部分, 位于中国昆明到越南河内的经济带, 是云南省人口密度较大的县级蔬菜生产主要地区, 经济发达, 人地矛盾突出, 20 世纪 90 年代以来经济高速增长、工业化发展、城镇化水平提高加快了土地利用结构与程度的变化。因此将其作为一个完整的单元来研究通海县土地利用变化特点及空间分布具有重要的意义。

## 1 研究区概况

通海县为云南省级历史文化名城, 地处云南省中南部, 102°30'25"~102°52'53"E、23°65'11"~24°14'49"N。东与华宁县接壤, 南与红河州石屏县、建水县交界, 西与峨山县、红塔区毗邻, 北靠江川县。全县平面形状呈南尖、东西阔、北微凸、

地势北高南低, 300 多座山主要为西北—东南走向, 全县海拔 1350~2441m, 垂直高差 1091m, 最高点是西部螺峰山, 海拔 2441m, 最低点是南部曲江河边的马脖子 1350m; 全县平均气温 15.6℃, 温暖湿润, 属亚热带半湿润高原凉东季风气候。通海县共辖 2 个街道 4 镇 3 乡, 2006 年底总人口 27.2 万。

## 2 研究区土地利用/土地覆盖信息提取方法

### 2.1 数据来源

研究使用的数据为通海县 1992 年 8 月 16 日 TM 影像和 2006 年 1 月 3 日 ETM<sup>+</sup> 影像, 轨道号为 129/043, 分辨率 30m。辅以 1992 年和 2006 年通海县土地利用资料、统计年鉴和实地勘测资料。采用高斯克吕格投影对两景影像进行配准, 选用二次多项式对其进行校正, 使其校正精度控制在 0.5 个象元左右, 最后对待研究区进行裁剪。

### 2.2 遥感图像波段选择

地物光谱特征是高光谱遥感地物识别的理论基础, 各波段信息量的大小和地物的光谱可分性是土地利用信息提取波段选择的重要依据。由于不同波段反映的地物现象不同, 因此要求 3 波段组合图像信息量大、相关性小、冗余度低, 整体提高图像质量, 才是土地利用信息提取的最优波段<sup>[6]</sup>。采用美国 Chavez 教授提出的最佳指数因子 OIF (The Optimum Index Factor)<sup>[7-8]</sup>, 来衡量波段组合的优劣。最佳指数因子 (OIF) 公式为:

$$OIF = \sum_{i=1}^3 S_i / \sum_{i=1}^3 R_i^j \quad (1)$$

式中:  $S_i$  为第  $i$  个波段的标准差,  $R_{ij}$  为  $i, j$  两

收稿日期: 2012-09-20

作者简介: 王艳英 (1987-), 女, 云南通海人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境信息系统。

波段的相关系数的绝对值。标准差反映离散程度， $S_i$  越大，包含的信息量越多，冗余度越低；相关系数  $R_{ij}$  越小，波段间的重复越小。 $OIF$  值越大，则相应组合波段图像所包含的信息量越丰富。通过公式计算，以 2006 年 ETM+ 影像为例，得到不同

波段组合的相关因子 ( $OIF$ ) 值 (表 1)。从表 1 中，可知 3、4、5 组合波段的  $OIF$  最大，说明它们之间相关性较小，冗余度低，图像所包含的信息量丰富，故选择 ETM+543 作为后续图像处理波段组合。TM 影像也做如此处理。

表 1 2006 年 ETM+ 各波段组合相关因子 ( $OIF$ ) 比较

序号	波段组合	OIF	序号	波段组合	OIF
1	123	13.707893	11	234	26.498995
2	124	23.619893	12	235	21.310389
3	125	21.284444	13	237	17.960317
4	127	17.65212	14	245	32.104627
5	134	29.324995	15	247	30.924033
6	135	23.380981	16	257	22.587648
7	137	19.425385	17	345	41.178503
8	145	37.411683	18	347	37.631459
9	147	36.050176	19	357	22.201700
10	157	25.480297	20	457	31.861844

### 2.3 土地利用/土地覆盖分类体系的确立

参照 2007 年正式发布实施的《土地利用现状分类》国家标准及云南省土地利用分类系统，结

合野外调查和植被分布特征等信息，把研究区土地利用类型划分为 6 个一级类，即耕地、园地、林地、水域、建设用地、未利用地 (表 2)。

表 2 研究区域土地利用分类系统

一级类型		二级类型		三级类型		含义
编码	名称	编码	名称	编码	名称	
1	耕地	11	水田	111	平田	平坝中坡度 < 2°, 坎高 < 0.5m 的水田
				112	梯田	平坝中坡度 ≥ 2°, 坎高 ≥ 0.5m 的水田
		12	水浇地			种植蔬菜的非工厂化的大棚用地
		13	旱地	131	平旱地	干坝子中坡度 < 2°, 坎高 < 0.5m 的旱地
				132	坡地	顺坡面种植的旱地
				133	梯地	台阶式坡度 ≥ 2°, 坎高 ≥ 0.5m 的旱地
2	园地	21	果园			种植果树的园地
3	林地	31	有林地			乔木林地、竹林地
		32	灌木林地			灌木覆盖度 ≥ 30% 的林地
		33	其它林地			疏林地、未成林地、苗圃等林地
4	水域	41	湖泊			指天然形成的积水区常年水位以下的土地
		42	水库坑塘			指人工修建的蓄水区常年水位以下的土地
5	建设用地	51	工业用地			工厂、仓储、禽畜场等
		52	居住用地			城镇、农村居民点
		53	道路			公路、农村道路
6	未利用地	61	荒草地			树木郁闭度 < 10%，表层为土质，生长杂草，不包括盐碱地、沼泽地和裸土地
		62	裸地	621	裸土地	表层为土质，基本无植被覆盖的土地
				622	裸岩石砾地	表层为岩石或石砾，其覆盖面积 ≥ 70% 的土地

表3 1992年和2006年研究区土地利用面积汇总表

土地利用类型	1992年		2006年		变化量/hm <sup>2</sup>	年变化率/%	变化幅度
	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%			
耕地	8613.02	11.23	15334.00	19.99	6720.98	5.57	0.44
园地	16123.39	21.01	23086.90	30.09	6963.51	3.08	0.30
林地	24005.77	31.29	16821.76	21.93	-7184.01	-2.14	-0.43
建设用地	1930.13	2.52	3250.13	4.24	1320	4.88	0.41
水域	3555.13	4.63	3346.64	4.36	-208.49	-0.42	-0.06
未利用地	22496.10	29.32	14884.11	19.40	-7611.99	-2.41	-0.51

## 2.4 遥感影像的分类

遥感图像的分类方法有多种,主要有监督分类方法<sup>[9]</sup>,近年来发展起来的模糊分类方法、神经网络分类方法、专家分类方法<sup>[10]</sup>。在本次研究中,根据研究区的土地利用/土地覆盖实际情况与遥感影像数据的特征,结合目视解译与野外调查数据等资料,对两期影像采取监督分类方法,结合野外调查数据对分类结果进行精度检验。得到1992年监督分类总精度为81.29%,2006年监督分类总精度为78.45%。再在ArcGIS软件下,对计算机分类结果进行分类后处理。研究区土地利用面积如表3。

## 3 结果分析

### 3.1 土地利用现状

2006年土地利用现状为:耕地15334.00hm<sup>2</sup>,占总面积的20%;园地23086.90hm<sup>2</sup>,占总面积的31%;林地16821.76hm<sup>2</sup>,占总面积的22%;建设用地3250.13hm<sup>2</sup>,占总面积的4%;水域3346.64hm<sup>2</sup>,占总面积的4%;未利用地14884.11hm<sup>2</sup>,占总面积的19%。

### 3.2 土地利用数量变化特征

从表2中可以看出,1992~2006年的15a中,通海县土地利用/土地覆盖结构发生了很大变化。在各类型中,耕地、建设用地、园地呈增加趋势,其中耕地增加幅度最大,15a中增加了6720.98hm<sup>2</sup>,平均年变化率为5.57%;建设用地,15a中增加了1320hm<sup>2</sup>,平均年变化率4.88%;园地增加了6963.51hm<sup>2</sup>,平均年变化率3.08%。与此相反,林地、水域、未利用地面积呈减少趋势,其中林地减少了7184.01hm<sup>2</sup>,平均年变化率2.14%;水域减少208.49hm<sup>2</sup>,平均年变化率0.42%;未利用地减少了7611.99hm<sup>2</sup>,平均年变化率2.41%。

### 3.3 土地利用变化驱动力

土地利用变化是一个复杂的过程,受到自然、社会、经济等诸多因素影响,且作用方式与强度有所不同。而人类活动使得土地利用/土地覆盖在较短历史时间内发生深刻的变化<sup>[11]</sup>。

(1) 人口增长与城镇化。依据1992年和2006年通海县经济统计年鉴,1992年通海县总人口

23.71万人,其中城镇人口为2.29万人,城镇化率9.66%;2006年通海县全县总人口为27.21万人,其中城镇人口8.11万人,城镇化率29.8%。总人口比1992年增加了14.77%。城镇化水平的提高吸引着更多人口向城镇集聚,需要增加更多的农用地和建设用地来养活这部分人口,必然导致大量未利用地的开发利用,土地利用率进一步提高。

(2) 经济发展。到2006年底,全县生产总值32.61亿元,增长10.3%;城镇居民人均可支配收入10837元,增长16.8%;农民人均收入为4621元,增长13.4%。经济快速发展,产业结构不断调整,使得农业结构发生变化,表现为土地利用结构的变化。在市场经济带动下,农业产业结构调整加快,耕地、园地数量增多。

(3) 政府政策影响。宏观政策对推动通海县土地利用的影响是巨大的。由于通海县结合农业综合开发,加强了土地整理和水土流失治理,改善农田水域,提高了耕地的数量与质量。其次,1992~2006年间交通、通信、水域和农村电网改造等工程,加快了通海县城镇化发展,这与发展通海县经济政策有关。

## 4 结论

(1) 以TM/ETM<sup>+</sup>影像作为信息源,对通海县土地利用/土地覆盖变化研究是可行的。通过OIF进行波段选择,并在波段选择的基础上选用监督分类方法对影像解译,得到通海县1992~2006年土地利用/土地覆盖动态变化情况:1992~2006年通海县土地利用/土地覆盖呈现“三增三减”。“三增”即耕地、园地、建设用地的面积增加;与此相反,林地、水域、未利用地呈减少的变化趋势。主要是与通海县人口增长、城镇化水平提高、经济发展等因素有关。

(2) 随着遥感技术的不断发展与成熟,将其推广对快速发展地区土地利用/土地覆盖的充分认识与合理管理具有重要的现实意义。对国土部门及时有效做出土地管理具有很好的指导作用。为此如何有效利用这些信息资源获得高精度土地覆盖类型及变化信息,将是我们今后研究的重要方向之一。

### 参考文献:

[1] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响[J].地理学报,1999,54(3):241

- 246.
- [2] 温仲明, 焦峰. 纸坊沟流域黄土丘陵区土地生产力变化与生态环境改善 [J]. 农业工程学报, 2006, 22 (8): 91-95.
- [3] Tumer B LI, Skole D, Sanderson S, et al. Land—use and land - cover change [R]. In: Science/Research Plan, IHDP Report 7 / IGBP Report 35, Stockholm and Geneva, 1995, 61 -78.
- [4] Lambia E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land - Use and Land - Cover Change (LUCC) implementation strat - egy. In: The Scientific Steering Committee and International Project Office of LUCC. IGBP Reptot No. 48 and HDP ReportNo. 10. IGBP of the ICSU and HDP of the ISSC [C]. Stockholm; Royal Swedish Academy of Sciences, 1999: 11 -14.
- [5] 路云阁, 许月卿, 蔡运龙. 基于遥感技术和GIS的小流域土地利用/覆被变化分析 [J]. 地理科学进展, 2005, 24 (1): 79-86.
- [6] 戴昌达, 雷莉萍. TM图像的光谱信息特征与最佳波段组合研究 [J]. 环境遥感, 1989, 4 (4): 282-293.
- [7] 陆灯盛, 游先祥, 崔赛华. TM图像的信息分析及信息提取的研究 [J]. 环境遥感, 1991, 6 (4): 282-292.
- [8] 王人潮, 史舟, 胡月明. 浙江红壤资源信息系统的研究与应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 260-267.
- [9] Nicholas C, Zakas Jeremy, Mc Peak · Professional Ajax [M]. Wrox, 2006.
- [10] Swain PH - Davis SM. Remote Sensing: The Quantitative Approach [M]. McGraw - Hill International Book Company. 北京: 科学出版社, 1984: 84-116.
- [11] 刘纪远, 张增祥, 庄大方. 20世纪90年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. 地理研究, 2003, 22 (1): 1-12.

## A Research of Land Use /Land Cover Change in Tonghai County Based on Remote Sensing and Geographic Information System

WANG Yan-ying, WANG Jin-liang

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

**Abstract:** The land use data is taken for Tonghai County from the TM images of 1992 and the ETM + images of 2006. According to the optimum index factor (OIF), within its best combination band, the supervised classification method is selected by using the remote sensing image processing software ERDAS 9. 2, and the information of the land use/ land cover change in Tonghai County from 1992 to 2010 is obtained. The results show that the land in the area is under intensifying use for the past 15 years. The farmland and construction land is obviously increasing with lightly shrinking water area. The driving forces for this change are increasing population, urbanization and fast economic development.

**Key words:** remote sensing technology; land use/land cover; research of change; Tonghai County

# 滇中经济区生态环境现状及改善对策

张俊黎, 王金亮, 吴风志, 李进存

(云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:**以滇中经济区为研究对象, 探讨和分析了滇中经济区目前的土地石漠化、水土流失、水资源短缺、水体污染、矿业污染以及重金属污染的生态环境现状, 并从经济、社会以及生态环境协调发展的理念, 从水土保持、石漠化的治理和开发、科技推广力度、生态环境建设的执法力度以及环保教育等方面提出了滇中经济区生态环境改善的对策。

**关键词:**生态环境现状; 对策; 滇中经济区

**中图分类号:** X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0030-05

区域良好的生态环境是实现地方社会经济可持续发展的根本性基础条件。但区域生态环境组成要素的差异, 环境容量的不同以及开发历史与社会经济发展现状的不平衡, 导致了不同区域在发展过程中面临着不同类型、不同程度的生态环境危机<sup>[1]</sup>。

滇中经济区地处云南省中部, 经过改革开放三十余年的快速发展, 社会经济取得了显著成就。然而随着滇中经济区经济、社会的快速发展, 滇中经济区的生态环境矛盾日益突出, 水土流失、土地石漠化、水污染、矿山的生态破坏和土壤重金属污染等生态环境问题日益严重, 对区域可持续发展构成了巨大的威胁。因此, 开展滇中经济区的生态环境现状以及对策的探讨研究, 不仅有利于滇中经济区生态恢复与环境的改善, 减轻自然灾害的威胁, 而且有助于促进滇中经济区社会、经济发展和生态安全。

## 1 区域概况

滇中经济区地跨东经 100°43' ~ 104°50', 北纬 23°19' ~ 27°03', 位于云南省中东部, 东北毗邻昭通市、贵州省的六盘水市、毕节市和黔西南市, 西连大理州, 西南接普洱市, 北接丽江市和四川省的攀枝花市、凉山州, 东南靠文山州、红河州以及广西壮族自治区的百色市。其以昆明市为核心, 半径约 150 ~ 200km 的区域, 包括昆明市、曲靖市、玉溪市和楚雄彝族自治州 4 个市州, 共 42 个县、市、区 (3 个县级市、26 个县、7 个市辖区、6 个自治县)。土地总面积为 94558km<sup>2</sup>, 占全省国土面积的 24%, 2009 年, 区域人口约 1698.7 万人, 占全省总人口的 37.4%<sup>[2]</sup>。

滇中经济区地处云贵高原西部, 哀牢山和云岭

以东, 地势由北向南逐渐降低, 全市最高点为东川区境内拱王山中段的火石梁子, 海拔 4344.1m, 最低点为小河边河与元江干流交汇处, 海拔 327m, 相对高差达 4017.71m。地形错综复杂, 湖泊、平坝, 高山、大川交错分布, 具有比较典型的高原湖盆地貌特征。地质构造于欧亚板块内扬子古板块的西南端, 地壳运动活跃, 形成了小江断裂带、普渡河-滇池断裂带、汤郎-易门断裂带组成的川滇经向构造的断裂体系。同时, 滇中经济区由于地处低纬度高海拔地区, 地势起伏较大, 形成了滇中经济区典型的立体气候, 具有冬无严寒, 夏无酷暑, 干湿季分明, 春季升温快, 秋季降温早, 立体气候明显的气候特点。年平均气温约 14°左右, 平均降水量为 961.1mm, 低于云南省的平均值 1274mm。

目前, 滇中经济区经过改革开放三十年的快速发展, 城镇区域不断扩展, 成为了云南省发展基础最好、发展水平最高、发展前景最广阔的区域。2009 年, 滇中经济区共实现 GDP 3696.78 亿元, 占全省的 57.8%, 人均 GDP 约为 19400 元, 是全省人均 GDP 的 1.55 倍; 城镇化率超过 42.6%, 高于全省 33% 的平均水平, 区域交通、通讯、供电等设施较好, 已基本建成门类齐全的产业体系。

## 2 滇中经济区的生态环境现状

### 2.1 水土流失现状

滇中经济区 90% 以上地区为山地丘陵, 年降雨量的 85% 集中在 5 ~ 10 月, 高强度降雨形成的地表径流为水土流失提供了动力, 加上陡坡垦殖和天然林过度砍伐等活动, 使得生态用地的面积缩小, 导致植被对水土的涵养能力减弱, 加剧了滇中



经济区的水土流失。

根据《云南省2004年土壤侵蚀现状遥感调查报告》，滇中经济区水土流失面积为48941.17km<sup>2</sup>，占土地总面积的41.58%，主要以中度流失面积和轻度流失面积为主，中轻度流失面积达到19702.86km<sup>2</sup>，

占水土总流失面积的40.25%。从空间上来看，昆明市的水土流失面积最大，达到18419.67km<sup>2</sup>，其次是曲靖和楚雄，曲靖市达到13126.76km<sup>2</sup>，楚雄州的为13126.76km<sup>2</sup>，玉溪市的水土流失面积相对少些，仅为4781.78km<sup>2</sup>。详见表1<sup>[3]</sup>。

表1 滇中经济区水土流失面积

行政区	水土流失面积/km <sup>2</sup>	占该市总面积/%	备注
昆明市	18419.67	40.58	中度、微度、轻度为主，中度以上水土流失面积达3627.11km <sup>2</sup> ，占总面积的40%以上。
玉溪市	4781.78	32.00	轻度流失面积3460.89km <sup>2</sup> ，中度流失面积1239.62km <sup>2</sup> ，强度流失面积77.66km <sup>2</sup> ，极强度流失面积3.62km <sup>2</sup> 。
曲靖市	13126.76	45.41	水土流失以轻度和中度为主。
楚雄州	12612.96	44.34	水土流失以轻度和中度为主，轻度流失6985.73km <sup>2</sup> ，占水土流失面积的55.39%；中度流失面积4389.51km <sup>2</sup> ，占水土流失面积的34.80%；强度流失面积1182.37km <sup>2</sup> ，占水土流失面积的9.37%；极强度流失面积54.52km <sup>2</sup> ，占水土流失面积的0.43%；剧烈流失面积0.83km <sup>2</sup> ，占水土流失面积的0.01%。

虽然近几年来云南省开展了退耕还林还草、天然林保护等生态工程建设，滇中经济区的水土流失面积有了一定的减轻，但水土流失仍未得到根本性的改变，与1999年比较，侵蚀的总面积增加了

3694.39km<sup>2</sup>，其中轻度侵蚀面积减少了1126.38km<sup>2</sup>，强度侵蚀面积减少了964.68km<sup>2</sup>，剧烈侵蚀面积增加了12.84km<sup>2</sup>，但是极强度侵蚀增加了876.91km<sup>2</sup>，中度流失面积增加了4921.38km<sup>2</sup><sup>[4]</sup>，见表2。

表2 滇中经济区1999年与2004年土壤侵蚀遥感调查比较

名称	侵蚀总面积	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	剧烈流失
昆明市	1021.94	309.78	946.42	-539.60	289.05	-16.29
曲靖市	1225.10	-58.92	1802.20	-659.56	171.34	29.96
楚雄州	2770.67	-58.944	2404.17	370.09	54.52	-0.83
玉溪市	-1323.32	-1318.30	-231.41	-135.61	362.00	0
滇中经济区(总计)	3694.39	-1126.38	4921.38	-964.68	876.91	-12.84

## 2.2 土地石漠化状况

石漠化是在热带、亚热带湿润地区岩溶极度发育的自然背景下，受人为活动的干扰，地表植物遭受破坏，造成土壤严重侵蚀，地表呈现似荒漠化景观的土地退化现象<sup>[5]</sup>。滇中经济区由于岩溶发育，造成地表、地下双层结构，使岩石裸露造成石漠化，是云南省比较典型的石漠化地区，石漠化土地具有面积大、分布广的特点。全区2004年石漠化面积784934hm<sup>2</sup>，占全省石漠化面积的22.00%，占滇中经济区国土面积的8.39%，石漠化区域主要包括曲靖市的会泽、宣威、富源、沾益、麒麟、陆良、罗平、师宗、马龙9个县(区)，昆明市的东川、寻甸、禄劝、嵩明、官渡、西山、呈贡、石林、宜良、富民10个县(区)和玉溪市的澄江、通海、华宁、江川、红塔、易门6个县(区)。但是滇中经济区的石漠化也存在着明显的内部差异，

石漠化最严重的地区是曲靖市，石漠化面积达4236.67km<sup>2</sup>，占全区总面积的4.53%；其次是昆明市，石漠化面积为3086.67km<sup>2</sup>，占全区面积的3.3%；再次为玉溪市，石漠化面积为526km<sup>2</sup>，占0.56%<sup>[6]</sup>。详见表3。

近5a来滇中经济区开展了部分生态建设工程，如“长江防护林”一、二期工程，珠江防护林一期工程，小流域综合治理试点，天然林保护工程，农村人畜饮水工程，坡耕地改梯田，旱作节水农业建设，退耕还林还草工程，异地扶贫移民安置，岩溶山区扶贫找水等工程，这些工程在石漠化防治、植被恢复、生态环境综合整治等方面取得了一定成效。特别是作为云南省岩溶地区生态恢复与重建试验示范项目的罗平县钟山乡，经近几年的治理，不仅增加了森林覆盖率，改善了生态环境，而且农民经济收入有所提高，使部分农民脱贫。

表3 滇中经济区石漠化分布现状

州(市)	石漠化面积/km <sup>2</sup>				占全区的比例/%
	石漠化	半石漠化	潜在石漠化	合计	
昆明市	732	1814.67	540.00	3086.67	3.30
曲靖市	1241.33	1548.67	1446.67	4236.67	4.53
玉溪市	92.67	286.67	146.66	526	0.56
合计	2066.00	3650.01	2133.33	7849.34	8.39

### 2.3 水资源与水污染

#### (1) 水资源短缺

滇中经济区地处金沙江、南盘江、红河三条水系的分水岭地带。境内有47条比较大的河流，水资源总量大。滇中经济区拥有自产水资源量只有279.3亿m<sup>3</sup>，占全省自产水资源量的12.5%；人均水资源量1644m<sup>3</sup>（以2009年人口计），为全省人均水资源量的31.1%；滇池流域的人均水资源量仅188m<sup>3</sup>，分别相当于滇中人均水资源量的11.2%和全省人均水资源量的3.5%。

#### (2) 水体污染

本区三条水系的47条河流都遭受到了不同程度的污染：金沙江水系的36条河流中，除松花坝上的两条河流即牧羊河和冷水河，牛栏江的水质类别是Ⅱ类，洛龙河、胜利河、南冲河的水质类别Ⅳ类和东大河水质类别为Ⅲ类以外，其余的都是Ⅴ类和劣Ⅴ类。珠江支流的水质类别也逐渐下降到了劣Ⅴ类，见表4。随着滇中经济区工业的发展和人口的迅速增长，大量的污染物排放，使得河流污染也较为严重，滇中经济区的河流水整体水质呈逐年下降的趋势。

表4 滇中经济区主要河流水质类别个数统计表

水系名称	I	II	III	IV	V和劣V	合计
珠江	-	1	-	2	5	8
金沙江	-	3	1	4	28	36
红河	-	-	1	1	1	3
合计	-	4	2	7	34	47

数据来源：2008年昆明市环境状况公报、2007年玉溪市环境状况公报、2006年楚雄州环境状况公报和2005年曲靖市环境状况公报。

滇中经济区的6个湖泊中，有5个达不到水环境功能要求，处于Ⅴ类或劣Ⅴ类水平。其中草海水质类别为劣Ⅴ类，水质呈重度污染。外海水质类别为劣Ⅴ类，水质是中轻度污染，阳宗海水质类别在2007年以前为Ⅱ类，2008年阳宗海砷的浓度大量上升，水质恶化到劣Ⅴ类，清水海水质类别为Ⅱ类，此

外水质呈重度污染的还有杞麓湖水质为劣Ⅴ类，只有抚仙湖水体功能Ⅰ类，水质评价Ⅰ类，符合功能要求。总体来说，滇中经济区的湖泊水质都遭到了很大的污染。达到Ⅰ类和Ⅱ类水质的湖泊只占33.33%，而达到Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的湖泊的比率达到66.66%，水功能达标率仅为33.33%，见表5。

表5 滇中经济区主要湖泊、水库水质类别统计

名称	个数	I类	II类	III类	IV类	V类	劣V类	水环境功能达标
湖泊	6	1	1	0	0	2	2	2
比例/%	100	16.67	16.67	0	0	33.33	33.33	33.33

数据来源：2008年昆明市环境状况公报、2007年玉溪市环境状况公报、2006年楚雄州环境状况公报和2005年曲靖市环境状况公报。

### 2.4 矿业污染

矿产在滇中经济区社会经济发展中具有重要地位，滇中经济区积极开发矿产资源。在2008~2015年矿产资源规划中，其中重点开发区的面积为17086.33km<sup>2</sup>，占国土面积的18.07%，重点开发的矿种主要有金、镍、铜、钴铁、无烟煤、磷、铜、钴、铅锌矿等。矿产资源的开发利用对滇中经

济区的经济建设和社会发展起到了巨大的推动作用，但同时也破坏了生态环境。滇中经济区有些集体和私人所办的小矿山，企业废水、尾矿未经处理直接排入沟谷、河流、水库、湖泊、以及落水洞，造成地表水、地下水的严重污染，滇池的水质总磷严重超标就与磷矿开采有关。其次在东川铜矿、大姚铜矿、昆阳磷矿、富源徐家庄煤矿、会泽铅锌

矿、新平铜铁矿、易门铜矿、安宁盐矿、宣威煤矿、武定木纹石矿山的开采中,因矿山冶炼加工,排出大量废气、烟尘及炉渣,含铅、砷、氟、锌、二氧化硫等有害元素及气体,污染大气、土壤、农作物,甚至造成人员、牲畜中毒。同时,采矿活动还导致环境工程地质条件改变,产生诸如泥石流、滑坡、崩塌、采空区沉陷等地质环境问题,使矿区地形发生巨大变化,地下开采、地面及边坡开挖影响了山体的斜坡稳定,造成大量人员伤亡和经济损失。虽经治理,但矿山环境和水土流失、污染的问题并没有得到根本改变。

### 2.5 土壤重金属污染现状

重金属是指密度 4.0 以上约 60 种元素或密度在 5.0 以上的 45 种元素。主要是指生物毒性显著的汞、铅、铬以及金属砷,还包括具有毒性的重金属锌、铜、钴、镍、锡、钒等污染物<sup>[7]</sup>。滇中经济区的有色金属矿产丰富、蕴藏量大、分布广、种类丰富,如昆明市的东川区、禄劝县有丰富的铅矿和锌矿;楚雄州的南华县五顶山、楚雄小水井和双柏野牛厂有铅、锌矿;易门县和峨山县有丰富的铜、钴等。土壤中进入的重金属不能被土壤微生物所分解,而易于积累,转化为毒性更大的甲基化合物,甚至有的通过食物链以有害浓度在人体内蓄积,严重危害人体健康。如会泽县在铅锌矿的开采中,导致了土壤中重金属 Hg 的含量上升,使土壤重金属 Hg 的含量过高而不能作为农业用地;玉溪市新平彝族傣族自治县戛洒镇境内大红山铜矿的开采中,Cr 元素对当地的土壤造成了严重的污染,并引起得当地居民的铊中毒。

## 3 滇中经济区生态环境保护及治理对策

滇中经济区生态保护应贯彻“预防为主,保护优先,生态经济并重”的指导思想,坚持生态保护与生态建设并举,坚持经济发展与生态保护相协调,坚持统筹兼顾、综合决策、合理开发的原则,全面促进社会、经济和环境的可持续发展。因此,防治对策的主体应该是保护、重建和发展具有多效益性、稳定性和持续性的生态工程建设,同时辅以限制人们过度经济活动的配套措施。

### 3.1 加速森林植被建设,巩固水土协调能力

林草植被覆盖率及其质量状况,是环境质量的重要指标,也是影响生态系统稳定性的重要因素。

(1) 实施天然林保护工程、退耕还林(草)工程、恢复和增加森林植被,逐步遏制水土流失。

(2) 加强自然保护工程建设,扩大自然保护

面积,提高保护水平,切实保护好森林植被。

### 3.2 搞好石漠化区域的治理与开发

滇中经济区由于失去森林植被的覆盖,造成了严重的水土流失和严重的沙漠化,导致生态环境日益恶化,旱涝灾害频繁,农业生产环境十分脆弱,因此,必须采取有力的措施治理荒漠化严重的区域。

(1) 开展大区域范围荒山、荒坡、荒地、荒沟、荒滩等的治理工作,预防石漠化进一步扩大。

(2) 强化生态意识,加强宣传和执法力度,保护好现存森林植被。

### 3.3 规范开发建设活动,遏制人为破坏行为

滇中经济区矿产资源丰富,各类资源开发建设活动也比较活跃,但是一些开发建设者,为了追求一时的经济利益,不惜牺牲环境,导致生态平衡遭到破坏,环境质量恶化。因此,各相关执法监督部门要落实监督检查责任制,严肃查处各类破坏生态环境的违法行为,此外,还可以进行相应的生态补偿。首先,对生态建设参与者提供生态补偿;其次,生态环境破坏者提供其破坏活动产生的生态损失补偿。补偿方式可以实现多样化,比如实物补偿、资金补偿、政策补偿等。

### 3.4 加大科技推广力度,发挥科技的先导作用

为确保生态建设的实施质量,滇中经济区各级政府要建立科技支撑机制,大力推广先进适用的科技成果。一方面要对全省生态建设类型进行科学分类,确保工程的针对性;另一方面要贯彻国家的科技推广计划,鼓励各类科技研究和开发机构从事生态环境保护 and 建设工作,对研究成果予以保护,并依法有偿转让。

### 3.5 加强生态环境建设的执法力度

滇中经济区要认真贯彻《森林法》、《水土保持法》、《环境保护法》等法律法规。运用行政、经济和法律手段,严惩破坏生态环境建设的不法行为。一方面,强化开发项目的资源管理和环境管理,建立资源评价制度并严格实施环境影响评价制度;另一方面,加强对项目的管理力度,对建设项目开展论证、评估和审查,严格把关“三同时制度”。即新建、改建、扩建项目和技术改造项目以及区域性开发建设项目的污染治理设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产,确保把环境保护措施落到实处。

3.6 加强法制宣传和环保教育,提高全民参与意识

改善生态环境是一项世界性的行动,也是我

国的一项基本国策。环境教育活动是一项涉及到不同阶段、不同年龄的宣传教育活动,其用正反两方面的典型事例,宣传生态恶化的严重性与危害性,当前生态环境的脆弱性以及生态重建与稳定脱贫的必要性,可以使各级干部和广大社会公众树立生态忧患意识,有利于滇中经济区的人们提高环境保护意识和树立环境保护的责任,激励和动员社会各行各业及广大人民群众积极参与生态环境保护与治理工作,切实搞好滇中经济区生态环境的治理。

#### 4 结语

滇中城市经济区位于我国内陆地区和东南亚、南亚的结合部,是西部大开发的重要战略支撑和国家沿边开放战略的主阵地,开展其生态环境现状的研究以及对策的探讨,有助于滇中经济区在实现经济、社会发展的同时,能够顾及其生态环境问题的状况,实现滇中经济区经济、社会和生态的和谐发展。

#### 参考文献:

- [1] 钟熠. 西部地区生态环境现状及改善对策 [J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2003, 11: 72-73.
- [2] 昆明市统计局, 玉溪市统计局, 曲靖市统计局. 统计年鉴 [M]. 2008.
- [3] 金德三. 云南国土资源遥感综合调查 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- [4] 云南省发展计划委员会, 云南省国土资源厅. 云南国土资源遥感综合调查 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- [5] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨 [J]. 中国岩溶, 2002, 21 (2): 101-105.
- [6] 云南大学生态学与地植物学研究所, 云南省环境保护局. 云南省生态功能区划研究报告 [R]. 2004.
- [7] 李晓燕. 云南大红山铜矿周围河流和土壤中 Cu 等重金属元素分布特征研究 [D]. 首都师范大学, 2009, (4): 1.
- [8] 孟广涛, 方向京, 和丽萍, 等. 云南省生态环境现状及其防治对策 [J]. 水土保持研究, 2006, 13 (2): 6-9.
- [9] 孟广涛, 方向京, 郎南军, 等. 云南省荒漠化土地现状及其防治对策 [J]. 水土保持通报, 2000, 20 (5): 52-55.
- [10] 戴武刚, 刘楠. 朝阳市生态环境现状与恢复建设对策 [J]. 水土保持应用技术, 2009, (5): 32-34.

## Current Ecological Situation and Its Improvement Countermeasures in the Central Yunnan Economic Zone

ZHANG Jun-li, WANG Jin-liang, WU Feng-zhi, LI Jin-cun

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

**Abstract:** Focusing on the Central Yunnan (also called “*Dianzhong*”) Economic Zone, we discuss and analyze its ecological conditions, including desertification, soil erosion, water shortage, mining pollution and heavy metal pollution. For a harmonious development of economy, society and ecology, a set of countermeasures are proposed to improve the ecological situation in the central Yunnan, from soil conservation, treatment of desertification and its development, technical dissemination, ecological construction enforcement to the environmental awareness building.

**Key words:** current ecological situation; countermeasures; Central Yunnan Economic Zone

# 临沧市农村主要环境问题及其保护对策

杨丽娟

(临沧市环境科学研究所, 云南 临沧 677000)

**摘要:** 针对临沧农村生活和生产环节污染突出、土壤污染加重、畜禽养殖污染增大、农村地区工业企业污染及生态破坏严重等环境问题, 提出加强组织领导、强化监管、资金保障、科技支撑及加大环保宣传教育培训等环境保护措施。

**关键词:** 农村环境; 问题; 对策; 临沧

**中图分类号:** X71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0035-03

临沧位于云南省西南部, 与缅甸交界, 国境线长 290.79km。全市辖 1 区 7 县 77 个乡镇, 总面积 2.4 万 km<sup>2</sup>, 山区占 97.5%。全市总人口约 240 万, 其中农业人口约 210 万, 主要居住有彝、佤、布朗、德昂、拉祜等 23 种少数民族, 少数民族人口约占全市总人口的 40%, 是一个多民族杂居的地方。2011 年农民人均纯收入 4284 元。

## 1 临沧农村存在的主要环境问题

### (1) 环境基础设施建设滞后, 生活污染严重

临沧市农村地区每年大约产生 36.86 万 t 生活垃圾和 5897 万 t 生活污水。由于地方财力的限制, 农村从财政渠道得到的污染治理和环境管理建设资金较少, 且因农民居住结构分散, 使得环保设施建设的难度大、投入成本高, 村里很难有统一规划设置的垃圾排放、污水处理系统, 环境基础设施严重滞后。目前全市八县区内, 除县城(区城)内建有一座城市污水处理厂外, 乡镇均未建立生活污水处理系统, 加之全市农村地区卫生厕所普及率(仅达 57.7%)和粪便污水无害化处理率较低, 而山区农民环境保护意识又非常薄弱, 因此生活污水任意排放, 生活垃圾随意倾倒、随地丢弃现象较为突出。致使蚊蝇滋生、臭气弥漫, 对环境景观及水体造成污染, 环境脏、乱、差现象较为严重。

### (2) 化肥、农药施用强度高

由于化肥、农药的使用是农业获得高产的重要手段, 加之大多数农民环保意识薄弱, 只知道使用化肥农药简单、方便, 而没有认识到其对环境的危害性, 因而大量地使用化肥和农药, 使畜禽粪使用作农田肥料的比重大幅下降。而农用化学品的不适当投入使土

壤和水体环境污染日益突出。据统计, 2011 年临沧市化肥使用量(折纯) 19.24 万 t, 比上年增加 24.9%; 农药使用量 2213t, 比上年增加 16.8%。临沧市因土壤有机质偏低, 化肥利用率一般在 30% 以下, 化肥大多数不是参与农田作物生物学过程, 而是通过地表径流及地下淋溶流失到环境中。化肥的无节制单一使用, 不仅使土壤退化, 而且造成了对水体的污染, 导致水体富营养化, 甚至破坏水资源, 威胁饮用水安全。临沧市环境监测站对全市 8 个典型乡(镇) 饮用水水源地的监测结果表明, 农村生产及生活已对饮用水造成了一定的污染, 在调查的 8 个典型乡(镇) 饮用水源地中, 仅有 3 个饮用水源地达标, 其他 5 个不能满足集中式饮用水源地要求, 超标因子主要为总磷、总氮及硝酸盐。

### (3) 畜禽养殖污染面广量大, 污染严重

农村畜禽养殖多为无序分散状况, 且数量较多, 大量畜禽粪尿未经处理就直接排放, 造成当地环境污染。随着国家对“三农”工作的重视和农村产业结构调整深入, 临沧市畜禽养殖业正逐步向集约化方向发展, 传统的农业格局被打破。以往的畜禽养殖规模较小, 种植、养殖一条龙, 畜禽粪便大部分作为农家肥, 对环境污染相对较轻, 现在随着集约化畜禽养殖业的迅猛发展, 养殖业与种植业日益分离, 不仅污染总量大幅增加, 而且污染呈相对集中趋势, 出现了一些较大的“污染源”。但畜禽粪便的污染治理和资源化利用明显滞后, 80% 的规模化畜禽养殖场没有完善、有效的污染治理设施, 大多数规模化养殖场仅简单地通过建沼气池进行处理。在一些地区, 畜禽养殖污染已成为水环境恶化的重要原因。另外, 因部分农村畜禽养殖点养殖条件简陋, 布局不合理, 没有采用有效的通风和密封设施, 畜禽粪便乱堆乱放, 对大气环

收稿日期: 2012-07-11

作者简介: 杨丽娟(1966-), 女, 云南人, 本科毕业获理学学士学位, 高级工程师, 主要从事环境科研及环境影响评价工作。

境造成了一定的污染。据统计,2011年全市畜禽粪便产生量达785万t,畜禽废水中化学耗氧量排放量为2228.2t,氨氮排放量为561t。

#### (4) 农业生产废弃物资源化利用水平低

临沧市每年产生200多万t秸秆,有20%未能综合利用,被焚烧或堆积于河道、沟渠或道路两侧,不但浪费了大量的资源,而且对大气环境、水体造成污染。其次,随着大棚农业的普及,农用塑料薄膜使用量急剧增加,农膜污染日趋严重,造成土壤污染、农产品产量减少。据调查统计,2011年全市农用塑料薄膜使用量达2038t(其中地膜使用量1662t,地膜覆盖面积30009hm<sup>2</sup>),回收利用量仅约200t,回收利用率较低。

#### (5) 农村地区工业企业污染及生态破坏严重

临沧市分布在农村地区的工业企业主要为金属及非金属矿的采选、建材制造、水电站建设等,目前全市开发矿山对地质环境影响严重的地区面积为464.4km<sup>2</sup>;对地质环境影响较严重的地区面积为3876.4km<sup>2</sup>。在矿山开采及水电站建设中,由于开挖面积大,植被破坏严重,弃土石方量较大,导致农村土地占用、水土流失和滑坡、坍塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害突出及地下水均衡受到破坏,而这些地区相对距城区较远,监管缺失,使水土保持和生态恢复措施得不到有效贯彻落实,因此对生态环境破坏和水体影响较大,使全市大多河流在雨季呈现泥砂俱下、悬浮物过高的现象。而选、冶炼、建材制造等行业,因规模小,技术含量低,管理粗放,污染治理设施不配套或运行不规范等原因,且部分工业企业污染源与农田、农村居民点交织在一起,对环境的污染也较为严重。据临沧市农业局2009~2010年对全市8县(区)23个乡镇的15个主要工矿企业周边可疑污染区的农产品产地(监测区域总面积0.94万hm<sup>2</sup>,占全市总面积的0.39%,布设监测单元36个,实际监测单元面积达1.27万hm<sup>2</sup>,布设监测点位232个)进行监测的情况看,监测区域中50.43%监测点的土壤受到累积污染,农灌水受到污染的点位占7.53%,部分地区降尘中重金属含量较高,监测结果表明,全市土壤、大气及水体已受到不同程度的污染。

## 2 环境保护对策

### (1) 加强组织领导,落实责任机制

农村污染防治是一个系统工程,涉及面广,需要各级各部门的相互配合协调,共同推进。各级党委、政府要提高认识,树立农村环境保护的责任主体意识,把农村农村污染防治作为社会主义新农村建设、生态文明建设和环境污染整治工作重要组成

部分,纳入重要议事日程。要落实领导干部环境保护目标管理责任制,实行谁主管谁负责,一级抓一级,层层抓落实。把环境保护作为领导班子和领导干部考核的重要内容,将考核结果作为干部选拔任用和奖惩的依据之一,评优创先活动要实行环境保护一票否决。进一步明确职责,建立政府统一领导、各有关部门分工负责、全社会共同参与的工作机制,综合运用法律、经济、技术和必要的行政手段,加大宣传力度,广泛调动各方面力量,着力建立健全农村环境保护的政策体系和长效机制,不断提高农村环境保护的工作水平和实际成效。

### (2) 加强宣传培训,提高农民环保意识

抓好环保宣传教育,特别要注意强化以农民和农村基层工作者为对象的环保宣传教育,他们和农村环境的关系最密切,受害最大,体会最深,在日常保护中作用也最关键,千方百计提高其环保意识已是刻不容缓的大事情。应根据农村的特点,围绕提高农民环保意识、转变传统观念、改变落后的生产和生活方式的目标,市、县、乡(镇)有关单位除继续充分利用广播、电视、报刊、网络、宣传册等载体,进行多渠道、多层次、多形式的环境保护宣传外,还应当有计划、有步骤、大规模地培训农村环保骨干力量,提高他们的认识再去更好地引导、发动群众。应坚持不懈地在广大农村开展环保知识和环境法律知识的普及教育,广泛宣传党和国家的环境保护方针、政策、法律法规,要及时报道和表扬保护环境的先进典型,公开揭露和批评破坏环境的违法行为,并充分发挥新闻舆论的监督作用,调动农民群众参与农村环境保护的积极性和主动性。应大力开展农村地区文明家庭、绿色学校等各类创建活动,逐步营造农村地区人人珍惜环境、保护环境、美化环境的良好氛围。

### (3) 健全环保管理制度及体系,强化监管

市、县各级政府要把农村环境保护工作纳入重要日程,研究部署农村环境保护工作,组织编制和实施农村环境保护相关规划,制订工作方案,检查落实情况,及时解决问题。要坚持“环保惠民”理念,建立“政府主导,农民主体,环保牵头,部门协助,联合推进”的农村环境保护机制,加强协调配合,进一步增强服务意识,提高管理效率,形成工作合力。各乡镇要建章立制,强化污染监督和管理,要根据国家环保有关法律、法规,制订各地各村切实可行的村规民约,把保护环境、防止环境污染纳入全民环保行动中,多方努力引导农民主动形成良好的生活方式,协助农民引用先进的生产技术,建立“绿色”的生产经营方式。

要建立健全农村环境保护监管体系,积极推进环境监测、监察机构能力建设,提高环境监管和监测水平。环境保护部门要统筹机构设置,加大整合力度,强化农村环保管理职责;乡镇要结合实际,配备专职或兼职环保管理人员;各行政村根据实际情况聘请协管员负责全村环境监督管理,加强对农村环保协管员业务培训,提高农村环保工作水平,逐步建成城乡一体化的环境保护监督管理体系。

要强化监管,逐步加大农村环境监管力度,禁止不符合区域功能定位和发展方向、不符合国家产业政策的项目在农村地区立项,防止污染严重的企业和淘汰落后的生产项目、工艺和设备向农村地区转移,防止“十五小”和“新五小”等企业在农村地区死灰复燃;禁止工业固体废物、危险废物、城镇垃圾及其他污染物从城市向农村地区转移。要提高农村地区工业企业准入门槛,严格建设项目环境管理,加大农村地区建设项目环评和“三同时”执行力度,逐步将减排工作向农村延伸,严格执行企业污染物达标排放和总量控制制度,对污染物超标或超总量排放的企业以及使用有毒、有害原料进行生产或者在生产中排放有毒、有害物质的企业,环保部门要依法强制实施清洁生产审核。严肃查处违法行为,开展在农村的工矿企业工业达标排放专项整治行动,研究和建立农村环境污染事故应急监测和处理系统,提高环境污染事故的辨别和处置能力,严防环境污染事故的发生。

#### (4) 保障农村环保资金投入

各级政府要加大对农村环境保护资金的投入,切实改变经费对农村环保工作的制约状况。各乡(镇)政府要拓宽投资渠道,在积极争取上级补助资金的同时,引导社会和金融资金进入,逐步建立以政府为导向、农民投入为主体、社会各界共同投入的资金筹措机制,有效支持农村生产生活污染治理、

先进技术开发与推广、宣传教育与培训、有机食品基地建设及优美乡镇、生态示范区创建等工作,把农村环境保护工作真正建立在依靠科学进步、科学管理和全民参与上。要推行“以奖促治”、“以奖代补”政策,优先解决农村地区存在的突出环境问题,按照“污染者付费”的原则,逐步推行农村生活污水、生活垃圾和固体废弃物处理的付费制度,按照“谁受益,谁出资”、“谁服务(治理),谁收费”的产业化运营法则,推进污染治理的市场化、产业化。

#### (5) 强化科技支撑,加快成果推广

科技部门要将农村环境保护技术研究列入重大科技专项,加大农村环保科研资金投入,推动农村环境保护科技创新。要充分利用农村地区现有的农技服务体系,加强农村环保科技人员培养与引进,组织专业技术人员,及时解决遇到的技术问题。在整合和利用现有科技资源的基础上,尽快建立和完善农村环保科技支撑体系,大力研究、开发农村生活污水和垃圾处理、农业面源污染防治、农业废弃物综合利用以及农村健康危害评价等方面的环保实用技术,加强对农村环境保护的关键技术、典型工程模式、循环经济模式的攻关和示范推广。因地制宜、统筹安排农村环境保护项目建设的各项工作,优先安排在产业发展好、农民群众积极性高、班子力量强、发展基础好的乡镇村庄布点,要因地制宜地引进消化、科学集成各项技术,并针对农村地区实际情况,研究开发低成本、操作简单、高效的小型环境保护适用新技术。对科技含量较高的生态农业产业项目和有益于改善农村生态环境的适用技术,予以享受高新技术产业和先进技术的有关优惠政策,逐步建立和完善农村环境保护项目管理和技术服务支撑技术,确保措施落实到位,建立农村环保适用技术发布制度。

## Rural Environmental Problems and Its Protection Countermeasures in Lincang Municipality

YANG Li-juan

(Lincang Municipal Institute of Environmental Science, Lincang, Yunnan 677000 China)

**Abstract:** This paper proposes the different environmental protection measures, such as strengthening organization and leadership, enhancing supervision, provision of financial resources and technical support, and environmental awareness building; in order to solve the rural environmental problems in Lincang Municipality. These problems are rural domestic and production pollution, contaminated soil, increasing pollution from animal husbandry, industrial pollution and ecological destruction.

**Key words:** rural environment; problem; countermeasure; Lincang

# 绿色能源技术在绿色建筑中的应用

刘邦禹

(大连理工大学 建筑工程学部, 辽宁 大连 116024)

**摘要:**在对国内外绿色建筑应用绿色能源研究成果的综合评述基础上,介绍了主要的绿色能源类型及其在绿色建筑实现节能减排上的作用,并对未来我国绿色建筑的发展提出了建议。

**关键词:**可持续发展;绿色建筑;绿色能源;应用

**中图分类号:**X24 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)02-0038-04

在人类社会科技与经济飞速发展的今天,地球的生态环境日益遭到破坏,所幸随着人们科学知识与环保思想意识的逐步提高,越来越多的人也意识到了维护生态平衡、实现可持续发展的重要性与迫切性。于是,人们逐渐开始倡导绿色科技、低碳经济等新的发展方式,绿色建筑这一概念也应运而生。所谓绿色建筑,是指在建筑的全寿命周期内,最大限度地节约资源能源(节能、节水、节材)和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的居住、工作和活动的空间,最终实现与自然和谐的可持续发展<sup>[1]</sup>。这种建筑需要充分利用自然资源,并且摆脱对不可再生能源的依赖,以此减少温室气体与其他有害物质的产生,达到节能减排的目的。因此,在这种建筑中,绿色能源被广泛应用到照明、供暖、发电等各个领域之中。

## 1 绿色能源概念

绿色能源就是对环境不产生污染,或者污染很小的清洁能源。联合国开发计划署(UNDP)目前将绿色能源分为三类:一是大中型水电;二是可再生能源,包括小水电、太阳能、风能、现代生物质能、地热能、海洋能;三是传统生物质能。

在绿色建筑中,它主要包含两个方面,首先,“绿色”代表可再生性,具体就是指可再生能源。这种能源直接取自自然,不存在污染问题,又在自然界中储量巨大,且可以不断再生,因而不存在能源枯竭的问题。

其次,“绿色”指循环回收利用,在房屋的建造过程和人的居住过程中会产生污水、生活垃圾等许多废弃物,它们同样蕴含能源而且许多仍有使用

价值。对这些废弃物中能源的循环利用也体现了“绿色”的理念。

## 2 绿色能源分类

### 2.1 太阳能

太阳能是日常生活中最常见的清洁能源,在生活中已经开始被广泛应用。作为一种清洁能源,它除了拥有对环境无污染的优点外,还具有很多其他优势。首先,它在自然界广泛存在,只要有阳光就可以直接使用,而免去了开采和运输的繁杂工作;其次,它储量极大,根据有关研究在我国它每年的理论储量达到了17000亿t标准煤,可媲美上万三峡工程的发电量;第三,它有长久的使用寿命,只要太阳的氢储量有剩余,它使用之不竭。

在绿色建筑中,太阳能的利用是必要的,也是多样的,有供电、采暖、热水、制冷等多种用途。如果系统地分类,那么它主要包括主动式太阳能系统、被动式太阳能系统以及太阳能光伏系统。首先,被动式太阳能系统是指不使用额外装置,直接利用建筑物朝阳面的实体部分吸热储热,依靠辐射、对流来实现对能源的分配<sup>[2]</sup>。这种利用方式造价较低,无需过多投入就能在夏季把热量排出,在冬季吸热满足供暖需求。德国在这方面十分重视,设计师将重要的房间都朝向阳面,而房顶和窗户均采用透明的保温材料设计,房屋中也设计了红外线追踪装置,使房间的吸热部分可以随着阳光旋转以充分吸收太阳能<sup>[3]</sup>。主动式太阳能系统则正好相反,它不使用建筑本体集热,而是利用高效的太阳能集热器获取能量,根据需求不同,它可以通过与散热器、制冷机等装置结合,从而发挥供暖、制冷、热水等多种作用。主动式太阳能系统对太阳能的利用效率高于被动式系统,虽然造价较高,但使用方便。太阳能热水器就是这种系统的典型应

收稿日期:2012-09-12

作者简介:刘邦禹(1993-),男,本科生,从事建筑工程研究。



用,小型的集热器足以满足一个普通家庭对热水的需求。在建筑中利用太阳能加热实现地板辐射采暖也是一种环保节能的新型采暖方式。采用这种方式采暖时,由于地面为散热源,故而人员聚集处温度一般不超过 $29^{\circ}\text{C}$ <sup>[4]</sup>,而太阳能集热器在较低温度时集热效率最高,因此这种组合可能是绿色建筑中采暖的最佳方式。

太阳能光伏系统与前两种系统不同,它指利用太阳能发电。它的主要部件是光伏板及其组件,这是一种在阳光下就能产生直流电的装置,以半导体制成,小型的光伏电池可用于手机等小型电子设备,而复杂的太阳能光伏系统可以为住宅供电,它在建筑中的应用可分为独立光伏系统和并网光伏系统。其中独立型光伏发电系统是使用蓄电池和逆变器,但逆变器不向电网反送电能的光伏发电系统。利用白天阳光使该系统向负荷供电,并向蓄电池充电,夜间由蓄电池向负荷供电,与电网无关联。并网型光伏发电系统通过逆变器向电网反送电力,并与电网并联向负荷用户供电,系统不存在蓄电池<sup>[5]</sup>。建筑-太阳能一体化是未来绿色建筑的发展趋势,美国、欧洲和日本分别推出了“屋顶光伏计划”,美国计划到2010年安装1000~3000MW,日本的目标是7600MW,太阳能电池与建筑结合是一个必然的趋势<sup>[6]</sup>。

## 2.2 地热能

地热能是一种从地球内部获得的能源,它来源于地球内部的熔岩和放射性物质的衰变。地球的内部有极高的温度,直到距离地表33km的莫霍面,温度依然能高达 $1000^{\circ}\text{C}$ 。随着地下水的循环和深层岩浆向地表侵入,这些热量逐渐被传送到近表层并将附近的地下水加热渗出地表。地热能除了存在于普通热水以外,地热能也蕴含在蒸汽、地压型热水、熔岩以及干热岩中,它是一种清洁能源,在使用中对环境不会产生任何污染。相对于太阳能等清洁能源的不稳定,地热能更加“稳定现实”,主要分布在板块的边缘与交界处,储量高于任何人类已利用的能源。它的再生速度同样高于石油等现有资源,只要开采速度适宜,它可作为可再生资源使用。基于以上优势,相信地热能将成为煤炭、核能的稳定替代能源<sup>[7]</sup>。

现今人们对地热能的使用具体分为两个方式,一种为地热能的直接利用,一种为地热能发电。其中利用地热能发电在民用建筑设计中的实用性不大,而地热能的直接利用在建筑中具有很高的实用

性。人类自古便开始对地热能进行直接利用,比如利用温泉沐浴或治病等,这些都属于对地热能的直接利用。随着时间的推移,人们对于地热能的直接利用有了更多的方式,比如利用它供暖、热水、养殖水产、温室控温。其中,地热采暖早已在北京、天津等城市普遍应用。采用这种供暖方式比采用传统的锅炉供暖要节省大约3成的成本,并且不产生污染,达到了节能减排的目的。当然,这种供暖方式仍存在初期投入较高以及地热回灌技术不够完善等问题,需要改进<sup>[7]</sup>。随着地源热泵技术的采用,不仅地热供暖技术得到完善,地热能也有了制冷、空调等更多可利用于建筑的用途。由于该项技术利用地下浅层地温作为热源,随处可取,使过去传统意义上所谓的“地热资源在分布上有局限性”的观念得到了改变。地源热泵供暖系统在我国东北地热资源丰富地区已有应用,如黑龙江林甸县林甸镇目前地热采暖面积达50万 $\text{m}^2$ ,合计年用热量200万 $\text{m}^3$ ,采用热泵技术梯级利用,在室外温度 $-28^{\circ}\text{C}$ 时,室内温度可达到 $18\sim 21^{\circ}\text{C}$ ,最高可达到 $26^{\circ}\text{C}$ 。每年可节约燃煤5000t,减少 $\text{CO}_2$ 排放1.31万t,减少 $\text{SO}_2$ 排放425t<sup>[8]</sup>。地源热泵供暖也早已在发达国家得到广泛应用,如瑞士是一个传统意义上没有地热资源的国家,但采用地源热泵技术后,到1995年已可提供228GW h/a的热功率用于建筑供暖<sup>[9]</sup>。

地热能同样可以用于制冷以及空调,如在廊坊地区,深水井中地下水的温度一般常年保持在十几度左右,可以通过制冷工质在蒸发器中吸收热量,并向地热水中放出热量来降低房间温度。除此之外,上海世博会的世博轴,采用的就是中国目前最大规模应用地源热泵和江水源热泵技术的中央空调<sup>[10]</sup>。

## 2.3 风能

风能是一种空气流动能,它的产生是由于太阳的热能辐射到地表,而地表受热不均匀,产生了温差,从而引起了空气的对流运动。从本质上讲,风能也属于太阳能的一种,而且它总量巨大,尽管太阳辐射到地表的热能只有不到3%转化为风的动能,但这些能量已经接近地球所有绿色植物固定能量的百倍,是全球水资源动能的10倍。我国自古就有使用风能的传统,两千年前中国人民就已驾驶帆船在江海驰骋,宋代制造的垂直轴风车也沿用至今。现在的中国在风能的利用量上走在世界的前列,仅次于美国。截至2008年底,全球风力发电装机容量达

到121188MW,比2007年增加了27261MW<sup>[11]</sup>,全球安装的所有风力涡轮机发电量可达260TWh/a,超过全球电力消耗的1.5%<sup>[12]</sup>。中国继续在世界风能发展中发挥着领军作用,仅2009年装机容量新增13800MW,连续4年超过一倍的增长,对涡轮机厂商来说是一个巨大的市场<sup>[13]</sup>。

同太阳能相仿,风能的利用也可以分为主动与被动两种形式,在绿色建筑中这两种方式都能发挥很大的作用。首先,被动式风能利用指直接利用自然通风来调控建筑的室内温度和空气质量。这种技术在夏季可以直接降温,取代空调,达到节能减排的目的,在冬季仍可少量通风减少室内的空气污染。主动式风能利用指利用风力发电,这是一种把风的动能转化为电能的技术,在目前欧美发达国家的新型建筑中都采用了这种清洁的发电方法。它采用的风力发电机组包括了风轮、发电机、铁塔等部件。首先,风轮吸收风能并将其转化为机械能,接着通过齿轮变速的作用使风轮的转速稳定后直接接入发电机,便可以开始放电。以目前的技术,只需要3m/s的风速就可以满足小型风力发电机的最低风力需求。巴林的世贸中心是利用风力发电的著名建筑,它的两座塔楼主体如同两片巨型机翼来自波斯湾海面上的毫无阻碍、经年不息的海风集中并加速使其在经过两座塔楼时形成漏斗效应,将风速提高了30%,三座风力发电涡轮机每年可为大楼提供10%~15%的电力,即1100~1300MW·h,这些电力足以满足巴林300个家庭一年的用电量<sup>[14]</sup>。欧洲的风电也已经能够满足4000万人生活的需要,欧洲风能协会预计2020年欧洲会有近两亿人完全使用风电,占欧洲人口的一半<sup>[15]</sup>。

#### 2.4 生物质能

生物质能是一种清洁的可再生能源,它源于绿色植物光合作用,是太阳能转化而成的一种化学能。这种能量分布广、来源多,除了直接来源于绿色植物以外,生活污水、人畜粪便等有机物质也含有生物质能。生物质能的储量极高,而且可以转化为常见的燃料,现今它已成为了世界能源消费量最高的能源之一,仅次于石油、天然气、煤炭等化石燃料。有关专家认为至2050年,生物质能源将提供世界60%的电力和40%的液体燃料,生物质能将成为未来可持续发展能源系统中的主要能源<sup>[16]</sup>。

在建筑中生物质能的主要利用方式就是通过燃烧为室内供暖或作为烹饪的燃料。生物质能的利用方式主要包括生物质直接燃烧、热化学转化、生物

化学转化三种利用方式,通过这些使用方式可以将生物质能转化为固、液、气三种形态的多种燃料。由于农业秸秆的大量废弃,在我国农村生物质直接燃烧的使用方式较为普遍,通过对锅炉的结构改造,生物质的燃烧效率可以满足农户需求。近年,我国已推广新式省柴节煤灶超过 $1.7 \times 10^8$ 户,新式灶提高了热效率10多个百分点,缓解了部分地区柴草不足的紧张局面<sup>[17]</sup>。在环保建筑中生物质的利用方式多以生物化学为主,这种方式通过原料的生物化学作用和微生物的新陈代谢作用产生气体或液体燃料,对环境基本不产生破坏。它的产物主要是沼气和各种醇类燃料,其中沼气的使用技术较为成熟。沼气发酵的生物质原料主要是生活废物、废液和各种垃圾,它是一种高效可行的垃圾处理方式,它所产生的甲烷同样是一种清洁能源,在我国农村发展很快,沼气池超过500万个<sup>[18]</sup>。在绿色建筑中,沼气池发酵技术是生物质能最高效的使用方式,可以减轻建筑对化石燃料的依赖。

#### 3 结语与展望

随着科技与经济的进步以及人们对绿色建筑的倡导,绿色能源必将逐步取代化石燃料先进的地位。与传统能源相比,在建筑中利用绿色能源无疑对人与自然的和谐共处更加有利,也符合了可持续发展的科学理念。然而,尽管绿色能源建筑的前景十分广阔,但是大部分新型能源仍然存在分布分散、稳定性差、造价高昂和技术不足等缺陷,世界对绿色能源的研究依然面临诸多挑战。

##### 参考文献:

- [1] 仇保兴. 从绿色建筑到低碳生态城 [J]. 城市发展研究, 2009, 16 (7): 1-11.
- [2] 李江南. 被动式太阳能建筑设计 [J]. 太阳能, 2009, (10): 43-46.
- [3] Birkauser. Building and Projects - architecture in Germany [M]. Prgeone: Verlag H. M. Nelte, 2001.
- [4] ASHRAE. Handbook - Fundamentals [M]. Altamta: ASHRAE, 1989.
- [5] 马宁. 太阳能光伏发电概述及发展前景 [J]. 智能建筑电气技术, 2011, 5 (2): 25-28.
- [6] 孙光伟, 蒋志坚, 刘晓峰, 等. 建筑中太阳能的应用技术 [J]. 低温建筑技术, 2002, (2): 69-70.
- [7] 王贵玲, 张发旺, 刘志明. 国内外地热能开发利用现状及应用前景分析 [J]. 地球学报, 2000, 21 (2): 134-138.
- [8] 隋学文, 孙希满, 石凤姣. 黑龙江省地热能资源开发利用研究 [J]. 应用能源技术, 2011, 13 (2): 1-3.
- [9] UNDP, UNDESA, WEC. World Energy Assessment [R]. 1999, New York, USA.
- [10] 宫自强, 张云鹏, 侯艳. 地热能供暖制冷技术及应用 [J]. 北华航天工业学院学报, 2012, 22 (2): 1-4.
- [11] 8th World Wind Energy Conference & Exhibition. World Wind

- Energy Report 2008 [R]. Jeju Island, South Korea: [s. n.], June, 2009: 23 - 25.
- [12] Ten Year Review of the International Wind Power Industry 1995—2004, Forecast for 2015 & Long Term Scenario to 2025 [R]. BTM Consult Aps. September, 2005.
- [13] World Wind Energy Association. Wind Energy International 2009/2010 [M]. WWEA, Bonn, Germany, 2009.
- [14] 赵华, 高辉. 风能与建筑一体化设计——巴林世贸中心 [J]. 建筑技术及设计, 2008, (11): 102 - 105.
- [15] 颜根英, 肖贻滨. 浅析风能发电的现状与发展趋势 [J]. 商场现代化, 2008, (16): 216.
- [16] Fischer G, Schratten L. Global Bioenergy Potential Through 2050 [J]. Biomass and Bioenergy, 2001, (20): 151 - 159.
- [17] 张宗兰, 刘辉利, 朱义年. 我国生物质能利用现状与展望 [J]. 中外能源, 2009, 14 (4): 27 - 32.
- [18] 王革华. 我国生物质能利用技术展望 [J]. 农业工程学报, 1999, 15 (4): 19 - 22.

## The Application of the Green Energy Technology in Green Building

LIU Bang-yu

(Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024 China)

**Abstract:** Based on the domestic and international research achievements in the application of green energy technology in green building, the main green energy types and their effects of energy conservation in the green building are described and the recommendations for the future development of China's green building are discussed.

**Key words:** sustainable development; green building; green energy; application

# 滇池流域土地利用变化与入湖河流 水质关系研究

刘松波

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:**以昆明滇池东南岸流域为例, 利用逐步回归模型分析了流域土地利用类型与流域湖泊水质之间的相关关系, 发现水质污染指标与耕地始终呈现正相关, 与林地始终呈现负相关, 与城乡用地始终呈现负相关, 对昆明滇池东南岸流域而言, 耕地是入湖河流水质污染的主要来源, 其污染贡献掩盖了城乡用地的贡献。

**关键词:**土地利用类型; 湖泊水质; 流域; 逐步回归模型; 滇池

**中图分类号:** X52   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0042-03

土地利用状况与水体水质之间存在着较为显著的相关关系, 人类活动所造成的土地的异质性改变了流域水体的状况。研究表明, 城镇用地、未利用土地与水质污染指标存在显著的正相关<sup>[1-4]</sup>, 林地、草地与水质污染指标存在负相关<sup>[1-5]</sup>; 耕地则存在争议, 部分研究认为耕地与水质污染指标存在正相关, 而其他研究认为耕地与水质污染指标存在负相关<sup>[6-10]</sup>。以上研究结论的差异性说明了在不同的研究区域内, 土地利用结构组成和空间分布特征不同, 土地利用与水质的关系亦不同。因此本研究以滇池东南岸流域为例, 以汇水分区为研究单位, 研究在不同的土地利用格局下土地利用类型对水质的影响, 旨在为土地利用规划、水污染防治提供依据。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区概况

滇池流域位于云贵高原中部, 昆明市西南部, 地理坐标为东经 102°29' ~ 103°01', 北纬 24°29' ~ 25°28', 西有横断山脉, 东临滇东高原, 北靠乌蒙山, 涉及昆明市五华、盘龙、官渡、西山四区及呈贡、晋宁两县, 流域面积 2920km<sup>2</sup>。滇池湖体略呈弓形, 弓背向东, 南北最长 40km, 东西平均宽 7.5km, 最宽 12.5km, 湖岸线长 163km, 当水位在 1886.5m (黄海高程) 时, 平均水深 4.4m, 最大深度为 10.9m, 面积 300km<sup>2</sup>, 库容为 12.9 亿 km<sup>3</sup>。湖盆由横贯东西、长约 3.5km、宽 300m 的障壁沙

坝—海埂将湖泊分为南北两部分, 北部称草海, 南部称外海。本文所选取的是滇池外海东南岸汇水区, 主要入湖河流包括: 大河 (淤泥河)、柴河、白鱼河、茨港河。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 土地利用数据的提取

本研究原始数据采用的是中国遥感卫星地面站接受的美国 Landsat TM/ETM+ 影像数据, 共 6 期 (1988 年、1990 年、1994 年、1999 年、2002 年、2008 年), 然后采用监督分类结合目视解译的方法, 选取 5, 4, 3 波段进行 RGB 假彩色合成, 通过训练样本建立分类模板, 进行监督分类, 得到初步分类结果; 在初分类基础上, 结合野外核查, 对分类结果进行目视修改和纠错, 运用 GPS 点进行精度评价达到要求后, 最终得到土地利用分类图。

#### 1.2.2 汇水分区的划分及水质监测

利用滇池 1:5 万 DEM, 在 ArcGIS 水文模块的支持下, 获取了滇池的 29 个汇水分区。根据选取其中有入湖河流的汇水分区同时为了尽量减少城乡用地的影响的原则, 选取了其中 10 个汇水分区。

#### 1.2.3 土地利用类型与水质的回归分析

采用多元线性回归的方法, 根据郭青海<sup>[3]</sup>等在研究武汉四湖时所用的计量模型, 可得到模型:

$$NPS = \alpha * \exp (\beta_1 \text{耕地} + \beta_2 \text{林地} + \beta_3 \text{草地} + \beta_4 \text{水域} + \beta_5 \text{城乡居民地} + \beta_6 \text{未利用土地})$$

式中,  $NPS$  指水体中测定的水质指标;  $\alpha$  为常数;  $\beta_1 \sim \beta_6$  分别表示各种土地利用类型面积比例

与水质指标之间的相关系数,  $\beta_i$  值为正, 表明此土地利用类型上输出污染物;  $\beta_i$  值为负, 表明此土地利用类型上滞留、吸附污染物或者吸收的污染物大于自身所释放的污染物。运用 SPSS 统计软件进行逐步回归分析, 只有具有统计显著性的变量才在模型中出现。

由于数据中存在多重共线性, 故采用 SPSS 中的岭回归通过在自变量自相关矩阵中引入一个很小的岭参数  $K_0$  ( $0 < K_0 < 1$ ), 从而降低参数的最小二乘估计复共线特征向量的影响, 以保证参数估计更接近真实情况<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用空间结构及汇水分区的确定

滇池流域山地、丘陵、湖积平原并存, 且昆明市区坐落其中, 土地利用结构复杂多样。各种土地利用类型所占比例为: 林地 47.28%、耕地 19.94%、水体 10.79%、草地 2.48%、城乡用地 16.46%、未利用土地 3.05%。

汇水分区主要集中在滇池流域东南岸, 土地利用类型都是以耕地和林地为主, 详见图 1。

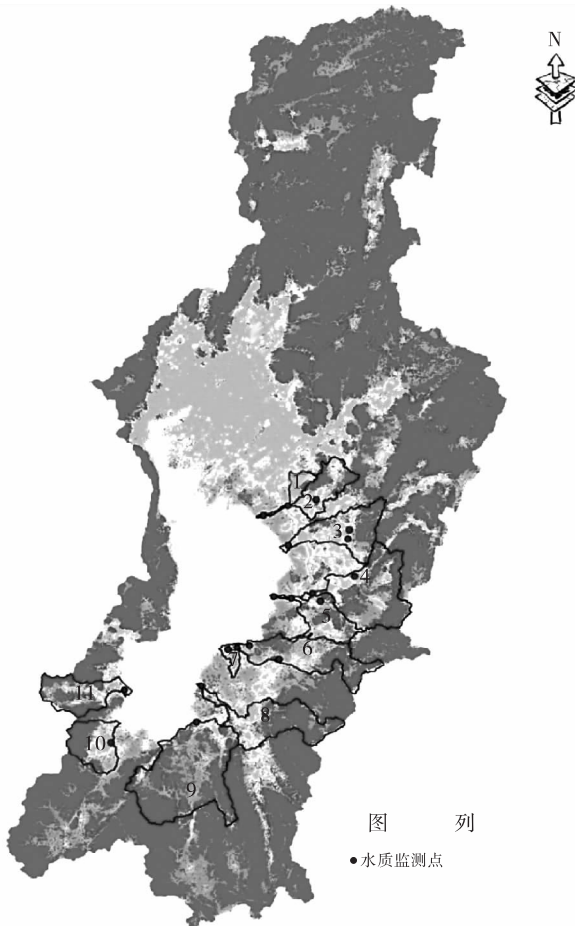


图1 滇池汇水分区分布图

表1 汇水分区  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$  平均值 (mg/L)

汇水分区	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TP	$\text{COD}_{\text{Mn}}$
1	3.48	0.28	10.30
2	1.25	0.20	5.85
3	0.52	0.12	2.72
4	0.83	0.16	3.05
5	0.41	0.15	4.03
6	0.67	0.67	5.69
7	1.38	0.24	5.00
8	2.96	0.23	6.63
9	2.82	0.62	4.85
10	3.10	0.29	5.88
11	0.67	0.37	4.15

### 2.2 水质特征分析

根据河流均匀布设采样点的检测结果, 计算每个汇水分区内水质指标  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$  平均值, 并依据《地下水环境质量标准》<sup>[11]</sup> 评价 11 个汇水分区的水质状况。

由表 1 可知, 1、7、8、9、10 水体污染严重。所有汇水分区  $\text{NH}_3 - \text{N}$  均为劣 V 类; 汇水分区 9 TP 为劣 V 类, 其他汇水分区为 V 类;  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  在汇水分区 1 中为 V 类, 在其他流域为 III 类。2、3、4、5、6、11 汇水分区的水质状况好于上述汇水分区, 其中  $\text{NH}_3 - \text{N}$  和  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  均达 III 类水标准, 汇水分区 11 的 TP 为 V 类水, 其余均达 IV 类水标准。

### 2.3 用地类型与水质的相关关系

表2 水质指标与用地类型回归分析

水质指标	回归分析
TP	$\ln(\text{TP}) = 1.3 + 0.05 \text{ 耕地} - 0.03 \text{ 林地} + 0.033 \text{ 草地} + 0.154 \text{ 水域} - 0.17 \text{ 城乡用地} + 0.02 \text{ 未利用土地}$
$\text{NH}_3 - \text{N}$	$\ln(\text{NH}_3 - \text{N}) = 1.3 + 0.2 \text{ 耕地} - 0.04 \text{ 林地} - 0.084 \text{ 草地} + 0.05 \text{ 水域} - 0.27 \text{ 城乡用地} + 0.02 \text{ 未利用土地}$
$\text{COD}_{\text{Mn}}$	$\ln(\text{COD}_{\text{Mn}}) = 1.5 + 0.15 \text{ 耕地} - 0.18 \text{ 林地} - 0.044 \text{ 草地} + 0.05 \text{ 水域} - 0.43 \text{ 城乡用地} + 0.156 \text{ 未利用土地}$

逐步回归模型分析结果显示: 耕地与  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$  均显著正相关, 这说明耕地是滇池东南岸入湖河流水体污染的主要贡献者, 耕地对河流水质造成的影响主要是农田径流、灌溉退水、农药化肥流失和农业固体废物污染。林地与  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$  均呈负相关, 说明随着林地的增加, 污染物浓度降低, 只是由于林地通过截流降解作用降低了水体污染程度。草地与各水质指标相关

系数较小,说明草地对流域水质的影响较小。城乡用地与各水质指标呈弱负相关,这与许多研究成果不同。这是由于流域内耕地面积较高,占大多数,耕地的污染贡献较高,掩盖了城乡用地对河流的污染贡献,再加上污水处理设施的大量建立,使得城乡用地比例与水质指标呈负相关。

### 3 结论与建议

人类活动强烈地改变了城市的土地利用类型,土地利用类型的改变又使得城市地表的水文特征、径流方向和流速不同于自然流域<sup>[12]</sup>,城市土地利用类型与水质之间存在着相关关系。本研究发现耕地、林地同湖泊水质关系显著。耕地对湖泊水质的影响呈现正相关,是滇池流域东南岸非点源污染的重要污染源。

耕地对湖泊水质污染物的贡献的主要原因是耕地大多坐落在湖泊周边,农业区在生产过程中大量使用农药、化肥等高污染物质,未经处理的化肥直接排入水体,成为水体 TN、TP 的主要来源;同时人口分散,生活污水不易收集,加上管网建设滞后,导致污水无法有效地统一收集和处理,造成了大量农村生活面源污染。

本研究认为对滇池流域的治理在于通过改变农业生产方式,降低化肥和农药的使用,提高城镇和农村生活污水的集中收集和处理,同时改善林业林种结构,推广环境保护林和特殊经济林的清洁种植方式,从而使入湖河流中 COD、TN、TP 维持在Ⅲ类水水平,恢复流域内自然水生态系统。

### 参考文献:

- [1] 吴晶晶,蔡永立.快速城市化地区土地利用变化及其对水质的影响——以上海市奉贤区为例[J].安徽农业科学,2011,39(26):16208-16211.
- [2] 宋述军,周万村.岷江流域土地利用结构对地表水水质的影响[J].长江流域资源与环境,2008,9(17):712-715.
- [3] 刘丰,刘静玲,张婷,等.白洋淀近20年土地利用变化及其对水质的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(10):1868-1875.
- [4] 刘阳,吴钢,高正文.云南省抚仙湖和杞麓湖流域土地利用变化对水质的影响[J].生态学杂志,2008,27(3):447-453.
- [5] 杜芳芳.湖泊流域土地利用变化与湖泊水质关系研究[D].昆明:昆明理工大学,2011.
- [6] 夏馥,李云梅,王桥,等.基于遥感的无锡市土地利用与过境水质响应关系的研究[J].地理科学,2010,30(1):129-133.
- [7] 张殿俊,陈爽,彭立华.平原河网地区水质与土地利用格局关系——以江苏吴江为例[J].资源科学,2009,31(12):2150-2156.
- [8] 孙金华,曹晓峰,黄艺.滇池流域土地利用对入湖河流水质的影响[J].中国环境科学,2011,31(12):2052-2057.
- [9] 官宝红,李君,曾爱斌,等.杭州市城市土地利用对河流水质的影响[J].资源科学,2008,6(30):857-863.
- [10] 郭青海,马克明,张易.城市土地利用异质性对湖泊水质的影响[J].生态学报,2009,29(2):776-787.
- [11] GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].
- [12] Bhaduri B, Habor J, Engel B, et al. Assessing watershed-scale long-term hydrologic impacts of land-use change using a GIS-NPS model[J]. Environmental Management, 2000, 26(6): 643-658.

## Impact of Land Use Change on Inflowing Water Quality in Dianchi Lake Catchment

LIU Song-bo

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

**Abstract:** Taking the south-east Dianchi Lake Catchment as an example, the correlation between the land use type and lake water quality is analyzed by the stepwise regression model. It is found that the water quality pollution index and the farmland are always in a positive correlation, while it is an opposite situation for the forested land and urban land. Therefore the farmland is a major pollution source for the water quality of the inflowing rivers in the research area, also with an overriding pollution contribution.

**Key words:** land use type; lake water quality; catchment; stepwise regression model; Dianchi

# 安宁市车木河水库治理中表流湿地技术应用

赵祥华, 殷晓松, 金晓瑾, 田 军

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 表流湿地属于生态治污技术的一种, 在污水处理厂尾水的深度净化和对微污染水体进行治理方面有广泛的应用前景。本文介绍了在安宁车木河水库上游两条河流末端应用表流湿地技术进行生态治污, 并取得治污效益明显、生态功能恢复及景观改善显著的成功案例。

**关键词:** 微污染河水; 表流湿地; 车木河水库; 安宁

**中图分类号:** X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0045-04

## 1 背景

车木河水库位于安宁市南部, 是安宁市的城市饮用水水源地, 供给安宁市市区含昆钢生活区生活用水, 每月平均供水量约为 60 万 t。根据《云南省地表水水环境功能区划(复审)》(2001 年 6 月), 车木河水库的主要功能为集中式生活饮用水水源地一级保护区, 功能划分为 II 类, 水体保护目标为 II 类水。车木河水库属金沙江水系螳螂川支系, 流域内主要补水河流有两条, 一条为双河, 发源于晋宁县, 径流面积 159.35 km<sup>2</sup>, 多年平均产水量 2814.3 万 m<sup>3</sup>, 为常流河, 补给水量约占总量的 80% 左右。另一条为招坝小河, 补给水量约占总量的 20% 左右。近年来, 双河及招坝小河受沿途农田面源及村落污水污染, 水质稍有下降。为削减车木河入库污染物输入量, 改善双河入库口及招坝小河入库口近岸水域水质, 2008 年在双河入库口实施了车木河水库湿地一期工程, 2009 年在招坝小河入库口建设了车木河水库湿地二期工程。两期工程将利用车木河入库口处的浅滩地或部分低洼地, 建设表流人工湿地工程, 一方面拦截了上游泥沙, 削减了入库污染负荷, 另一方面恢复了入库河口浅滩良性生态系统。

### 1.1 车木河水库简介

车木河水库始建于 1958 年 8 月, 1959 年 5 月完工, 后经过多次配套加固扩建, 特别是 1996 年~2001 年该库最大的一次加固扩建工程, 形成了由主坝、副坝、溢洪道、输水隧洞等配套设施组成的水利枢纽。水库正常水位为 1948.0m, 相应库容为 3706.6 万 m<sup>3</sup>, 50 年一遇洪水位为 1949.49 m,

相应库容为 4252.4 万 m<sup>3</sup>。水库年农业生产灌溉供水 800 万 m<sup>3</sup>, 工业生产供水 473 万 m<sup>3</sup>, 城市生活供水 692 万 m<sup>3</sup>。

水库建成近 50 年来, 对减轻下游洪水灾害、灌溉下游农田、提供安宁城市生活用水、保障工业生产用水等方面发挥了重要作用。

### 1.2 库区生态环境现状

由于该水库是安宁市的重要水源地, 因此它的保护受到各级政府的高度重视。车木河水库水源保护区共有森林面积 93.4 km<sup>2</sup>, 森林覆盖率为 60%。主要树种有云南松、华山松、滇油杉、软枝杉、滇白杨、旱冬瓜、栎类等。因此总体上评价生态环境优良。

### 1.3 水库上游来水水质现状

根据安宁市环境监测站每年对车木河水库进行的水质监测结果, 2002 年为 IV 类水, 2001、2003 为 III 类水。2004 年和 2005 年年均值无超标项目, 水质评价类别为 II 类水。

2005 年对车木河水库上游来水仅测了一个点, 监测项目也不够, 没有代表性。为全面查清上游来水情况, 2007 年对上游来水按照规范重新选择和增加监测点及监测项目进行测定。监测点位: 车木河水库上游来水分别为晋宁双河和招坝小河, 监测点位为双河通过温水村进村口及入库口, 招坝小河通过鲁资村进村口及入库口。监测结果见表 1。

由表 1 可见, 两条河水在经过村庄后, 氨氮、总氮、总磷、五日生化需氧量均有上升的趋势, 说明河水受到了村落生活污染源的影响, 特别是总氮、化学需氧量、五日生化需氧量均达不到 II 类水质标准要求。

表1 2007年车木河水库上游来水水质监测结果

(mg/L)

水体名称	温水村前 (双河前端)	温水村后 (双河末端)	招坝村前 (招坝小河前端)	鲁资村后 (招坝小河末端)	II类水标准值
pH/无量纲	7.92	8.33	8.03	8.84	6~9
氨氮	0.089	0.182	0.025	0.069	≤0.5
总氮	0.76	0.91	0.42	0.52	≤0.5
总磷	0.06	0.07	0.06	0.08	≤0.1
溶解氧	6.6	6.6	6.6	7.0	≥6
高锰酸盐指数	2.0	2.1	1.9	1.9	≤4
化学需氧量	17.7	17.2	19.9	19.7	≤15
五日生化需氧量	2.5	3.9	2.2	2.6	≤3

数据来源：安宁市环境保护局。

## 2 车木河入库口湿地工程的意义

在车木河入库河口恢复和建设河口湿地，对车木河河水进行处理，改善河水水质，削减入库污染负荷，恢复河口区生态环境，对车木河水库的保护有重要意义。主要表现在：

(1) 能增强车木河河口区环境净化功能，降低入库污染负荷，拦截泥砂、改善近岸水域水质。湿地系统的建设将有效净化车木河河水，去除有机物及N、P等营养物质，大大减少污染物的入库量，从而改善水环境质量，恢复近岸水域水体功能。

(2) 修复已破坏的河口区鸟类、鱼类生境，实施良性生态系统重建，将大面积增加水生、湿生植物，增加绿地面积，建立合理、完善的库区生态群落结构，增加生物多样性，使车木河河口区生态系统步入良性循环。

(3) 能改善河口区生态景观效果。项目的实施不仅改善水环境质量，还将通过河道垃圾的拦截打捞、场地的修整等使河口区生态景观效果大大改善，美化环境，愉悦心境。

## 3 湿地主要设计参数

### 3.1 设计处理规模

处理规模的确定一方面根据车木河水库来水量情况，另一方面也应考虑工程区占地面积大小、投资规模等综合确定。人工湿地水利表面负荷一般为 $0.1 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，其中潜流湿地表面负荷相对较高，表层流湿地相对较低，而根据场地条件，建设多级人工潜流湿地投资大、管理难，故表面负荷不宜过大。一期湿地最大可利用土地面积为 $17.65 \text{ hm}^2$ ，按照水利表面负荷 $0.18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 计，最大可处理 $31771 \text{ m}^3/\text{d}$ ，因此确定一期人工湿地处理能力为平均 $30000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。二期湿地最大可利用土地面积为 $1.43 \text{ hm}^2$ ，按照水利表面负荷 $0.18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

计，最大可处理 $2572 \text{ m}^3/\text{d}$ ，因此确定二期人工湿地处理能力为平均 $2500 \text{ m}^3/\text{d}$ 。通过校核湿地可满足枯水、平水期水处理要求；丰水期流量较大时可进行初级沉淀处理，多余的则通过闸门溢流。

### 3.2 设计处理水质

处理出水水质目标主要根据处理水体现状水质情况、处理后接纳水体的功能要求及湿地可能达到的去除率综合确定。通过表1的分析，车木河水质属典型的微污染河水，处理出水按污染物去除率计算确定，并参考地表水质标准进行对比分析，详见表2。

表2 设计进出水水质

(mg/L)

	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	TP
设计进水水质	15	3	50	1	0.05
去除率/%	40	60	60	40	30
设计出水水质	9	1.2	20	0.6	0.035

### 3.3 工艺流程

车木河水库湿地工程均采用表流湿地工艺，其中一期采用了四级表流湿地、二期湿地中受面积的影响只采用了两级表流湿地，在预处理部分中，两期湿地都采用了拦污沉砂池+植物氧化塘。工艺流程见图1。

拦污沉砂池的作用主要是拦截漂浮物，包括秸秆、菜叶、农用废弃塑料及沉淀泥沙。植物氧化塘净化段对污染物的去除主要通过三种途径：一是助凝沉淀的作用，漂浮植物分泌类似助凝剂的物质向水中释放，使悬浮、胶体态的污染物得以加速沉淀去除；二是漂浮植物对有机物及N、P营养物质的吸收作用；三是氧化塘内厌氧菌、兼性菌的微生物作用。分解大分子有机物，使水体得以均质化处理，有利于后续表流湿地的净化。



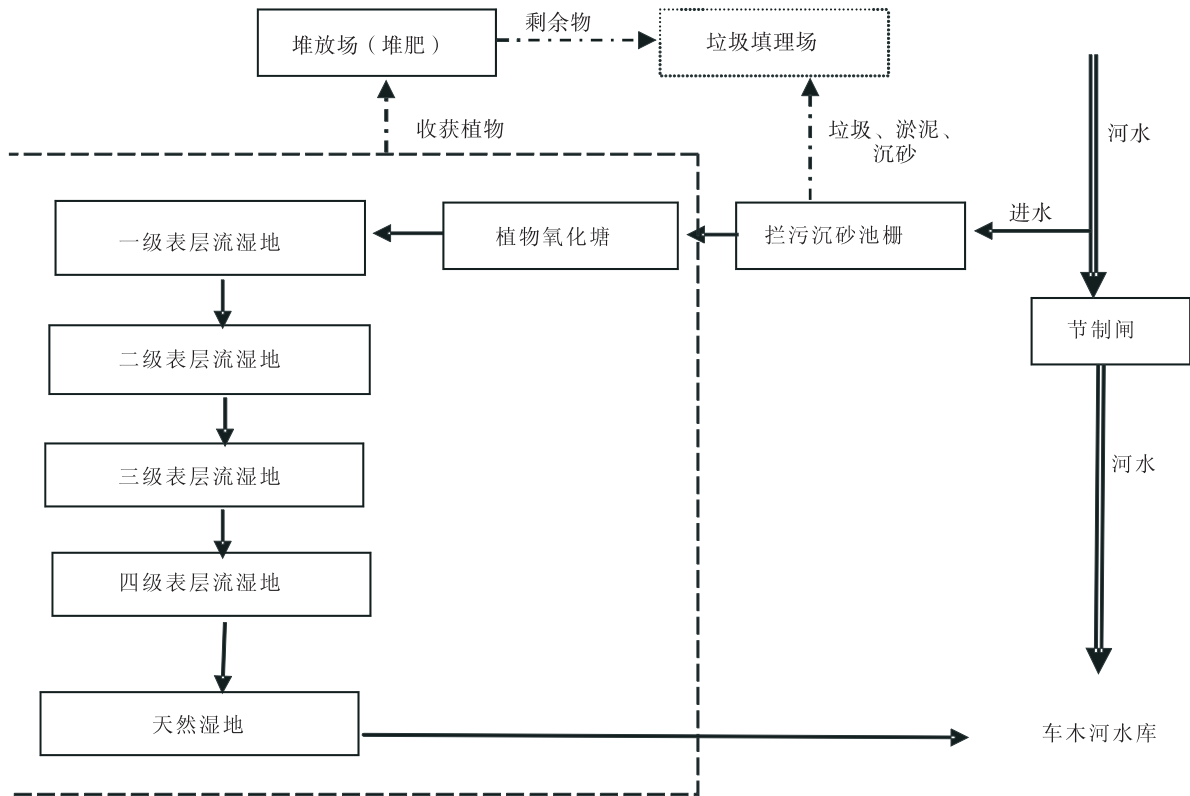


图1 表面流湿地工艺流程图

表层流湿地对污染物的净化接近于自然湿地，这是表层流湿地总体净化效率不高的一个原因。污染物的去除也主要通过物理、化学和生物的三重协同作用来完成。微生物对污染物的去除主要在好氧状态下完成，各级表层流湿地水深一般不超过0.35~0.5m，大气复氧快、水体光照充足，使好氧菌、根区生物膜得以快速增长，有利于污染物的去除，微生物的作用近似于好氧化塘作用机理；大面积、高生物量的水生植物大量吸收水体中的污染物，通过植物收获而去除；自然土基质也能通过拦截、化学反应去除一部分污染物。

### 3.4 植物配置

本项目种植乔木4种，挺水植物6种，陆生花卉植物2种，漂浮植物2种，沉水植物1种，所选物种见表3。

### 3.5 推荐物种及种植方式

乔木：垂柳沿湿地外围种植，一排，河道两侧各一排，株距4~5m。

滇朴在堆场周围种植，樱桃、桑葚种植少量，目的是果实可以吸引鸟类。

表3 湿地选用水生植物物种表

物种名称	科名	拉丁名
垂柳	杨柳科	<i>Salix babylonica L</i>
滇朴	榆科朴属	<i>Celtis yunnanensis</i>
樱桃	蔷薇科	<i>Prunus pseudocerasus lindl.</i>
桑葚	桑科	<i>Morus alba</i>
茭草	禾本科	<i>Zizania caduciflora</i>
香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>
菖蒲	鸛尾科	<i>Acorus clamus</i>
芦苇	禾本科	<i>Phragmites communis</i>
荷花	睡莲科	<i>Nelumbo mucifera</i>
水葱	莎草科	<i>Scirpus crassipes</i>
美人蕉	美人蕉科	<i>Canna generalis</i>
旱伞竹	天南星科	<i>Typha angustifolia</i>
水芹菜	伞形花科	<i>Oenanthe javanica</i>
睡莲	睡莲科、睡莲属	<i>Nymphaea tetragona</i>
金鱼藻	蟻塔科	<i>Antirrhinum majus L</i>

挺水植物：种植芦苇、茭草、菖蒲、香蒲、水葱、荷花；种植密度：0.5m×0.5m/丛，种植方式：整丛连根带土移植，株高1~1.5m。

陆生花卉植物：种植旱伞竹、美人蕉，已经驯化为水培植物，由于分蘖数量多，根系发达，生物

量大,目前大量在湿地中应用。种植方式:整丛连根带土移植,株高1.0m以上。

漂浮植物:主要为水芹菜、睡莲,就近引种繁殖,盖度为60%。

沉水植物:金鱼藻,采用整株扦插法。

#### 4 工程建成后水质分析

一期湿地于2008年12月竣工投入运行至今已经4年,二期湿地于2009年12月竣工投入运行至今已经3年。实际运行后的水质监测数据如表4、表5所示。

表4 车木河一期湿地实测水质 (mg/L)

名称	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	TP
实测进水水质	11.65	3.65	37.33	1.133	0.05
实测出水水质	7.76	1	11.11	0.384	0.035
去除率/%	33	73	70	66	30

表5 车木河二期湿地实测水质 (mg/L)

名称	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	TP
实测进水水质	12.34	5.58	45.21	1.06	0.02
实测出水水质	8.30	2.35	12.38	0.35	0.01
去除率/%	33	58	73	67	50

通过实测数据可以看出,经过湿地净化后,TN、TP均从Ⅲ类水质提升到Ⅱ类水质,达到了保护目标。特别在去除率方面,实测数值均比设计值要高。

#### 5 环境效益

湿地具有很强的降解污染的功能。湿地植物、

微生物等通过物理过滤、生物吸收以及化学合成、分解等,将车木河上游排入的面源污染吸收和转化,并能有效控制流域内农户由于使用农药、化肥不当等造成的面源污染,使流入水库的水体得到净化。通过湿地自然净化技术,能大大降低车木河污染物的入库量,整个项目的实施将显示出良好的环境效益。湿地植物带能使大量的低等水生生物得到繁殖,为鱼类和鸟类提供丰富的食物来源,增加了车木河水库区域生物多样性,有利于构建库区生态系统的良性循环。

两期湿地每年污染物削减量分别为COD 45.64t/a、BOD 531.52t/a、SS 312.72t/a、TN 8.73t/a、TP 0.17t/a。

#### 6 结论

(1) 车木河水库是安宁市的主要水源地,入湖河道是大部分农村面源污染物进入库区的主要通道,河口湿地工程在一定程度上起到削减污染负荷、修复库区生态系统和改善河口景观的作用。

(2) 表流湿地设计时应因地制宜,结合当地地形条件、气候、水文特征进行。

(3) 进行植物配置时,应对本地植物进行调查,尽量用乡土物种。

(4) 湿地在运行期的管理很重要,特别是冬季应对植物进行收割,综合利用处置植物残体,比如堆肥还田、作为饲料等,否则会带来二次污染。

#### 参考文献:

- [1] 王书文,刘德祥,孙铁珩. 污水自然净化生态工程方法 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

## Application of Surface Flow Wetland Technology in Treatment of Chemuhe Reservoir in Anning

ZHAO Xiang-hua, YIN Xiao-song, JIN Xiao-jin, TIAN Jun

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

**Abstract:** Surface wetland is one of the ecological technologies in pollution treatment. It is promising for being applied in in-depth purification of the effluent from the wastewater treatment plant, and treating the lightly polluted water. This paper introduces applying the surface flow wetland at the ends of the two inflowing rivers of Chemuhe Reservoir for treating the water pollution in an ecological way. This is a successful case of such a treatment technology with obvious profits and improved ecological function and landscape.

**Key words:** lightly polluted river; surface flow wetland; Chemuhe Reservoir; Anning

# 关于蕴藻浜水环境污染的调查研究与思考

吴红岩

(上海市宝山区环保局, 上海 201900)

**摘要:** 蕴藻浜是位于上海市北部宝山区境内最重要的骨干河道, 作为苏州河的主要支流, 蕴藻浜由于长期承担调水排污功能而水质污染较为严重。针对蕴藻浜流域的水环境污染问题, 通过实地调查、污染源普查结果和环境监测数据等多源调查研究, 揭示蕴藻浜水环境的污染现状并提出相应的水污染治理建议。

**关键词:** 水污染; 调查; 现状; 治理建议; 蕴藻浜

**中图分类号:** X52   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0049-03

宝山区位于上海市北翼, 地处长江三角洲东北角前沿、黄浦江与长江交汇点, 堪称上海的“水路门户”。海运连接 164 个国家和地区的 400 多个港口, 集装箱的吞吐量占上海港的 70% 以上, 海陆联运和内河航运发达。宝山作为钢铁、港口、能源的基地, 各类污染物总量比重还比较大, 重点历史环境问题仍然存在, 在环境保护与建设上任重而道远。

蕴藻浜是宝山区最重要的骨干河道, 作为苏州河的主要支流, 蕴藻浜由于长期承担调水排污功能而水质污染较为严重, 与宝山滨江发展带腹地的功能定位极不相称, 急待实现蕴藻浜流域的环境综合整治<sup>[1]</sup>。

## 1 蕴藻浜宝山段基本情况

### 1.1 河流形态结构

宝山区河网属于长江流域太湖区黄浦江水系, 主要东西走向河流有蕴藻浜、涓浦河、练祁河、新川沙河等, 主要南北走向河流有获泾河、潘泾、杨盛河、泗塘河等, 横贯中部的蕴藻浜将宝山区分成南北两部。宝山区河网水流分别泄入蕴藻浜、长江。蕴藻浜宝山段全长 16.7km, 河底宽度在 4~15m, 内河常水位 2.5m 左右。堤防主要结构式为高柱承台、拉锚板桩或低桩承台等直立式结构, 小部分公用地段为斜坡式结构加护脚板桩。现状防汛墙因建成后多年不规范运营, 存在部分岸段发生沉降, 结构薄弱、基础老化等问题; 此外, 河道的疏浚和运输船舶产生的波浪对斜坡式结构的安全影响

较大。

河岸稳定性和河床稳定性方面, 由于蕴藻浜属于航运河道, 且河底泥污染、淤积严重, 河床稳定性受到一定程度的影响。而由于老结构防汛墙老化严重, 部分河段河岸稳定性已经需要采取一定措施进行加强。

### 1.2 河流水文条件

蕴藻浜宝山段直通黄浦江, 黄浦江属中等强度的潮汐河流, 为非正规半日浅海潮型, 受潮汐和河道两岸排水的影响, 河道水流的流态呈往复状, 水位变化复杂。吴淞站平均涨潮历时 4 小时 33 分, 落潮历时 7 小时 52 分, 河口多年平均潮差为 2.23m, 最大潮差为 4.48m。

### 1.3 河岸带状况

蕴藻浜宝山段目前两岸岸线以企业、码头等生产活动占用岸线为主, 临时码头、堆场随意占用岸线的情况较多, 且码头设施简陋, 对周边环境影响较大; 岸线资源中城镇生活以及沿河绿化等其他非生产性岸线所占比重低, 绿化方面仍缺乏规划和设计, 现有的河岸绿化多为分散、零星的绿化种植, 尚未形成具有区域特征和反应河流特殊要求的河岸景观特色。

## 2 蕴藻浜沿岸产业布局

蕴藻浜宝山段流经范围涉及大场、顾村、杨行、庙行、淞南等几个乡镇, 沿岸规模以上的企业有: 宝钢股份有限公司特殊钢分公司、中铝上海钢业有限公司、宝钢股份有限公司精密钢管厂、吴淞煤气制气有限公司、宝钢股份有限公司不锈钢分公司、上海中远化工有限公司、宝钢股份分公司冷轧薄板厂以及上海港宝山港务公司、半岛 1919 工业

收稿日期: 2012-10-19

作者简介: 吴红岩 (1968-), 女, 工程师, 上海市宝山区环境保护局, 主要从事环境保护科研项目 and 教育培训管理工作。

园区、江杨农产品批发市场、玻璃展示和节能环保园等；另外还有20家集装箱仓储，2个钢轧企业以及零星仓储物流，机械加工和集装箱的小企业。沿岸的工业企业主要以黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业、码头运输和仓储业为主。

### 3 蓝藻浜沿岸企业排污状况

宝山区污染源普查的结果表明：在企业用水量、废水排放量、COD排放量及固体废物产生量方面，宝钢股份有限公司不锈钢分公司、宝钢有限公司特殊钢分公司、宝钢股份分公司冷轧薄板厂、宝钢股份有限公司精密钢管厂在黑色金属冶炼及压延加工业行业中均排在前10位企业的行列中；上海中远化工有限公司在化学原料及化学制品制造业行业中也排名在前五位中，这些企业都属于宝山区重点污染源企业。

蓝藻浜沿岸的港口、码头堆场虽然不是直接生产和加工产品的企业，但是随着船舶的往来，货物的运输，水域污染程度也十分严重。港口水域的污染源主要有船舶排放的废油、废渣、动力装置的冷却水和船舶事故或码头及水上作业造成的油泄漏。

### 4 蓝藻浜流域主要污染指标的分析

按照宝山区环境监测站提供的数据，蓝藻浜全河段从上游至下游设6个常规监测断面，依次为广陈路桥、塘桥、蕴川路桥、江杨南路桥、黄泥塘码头和吴淞大桥断面。

对2007~2011年的监测数据的研究发现，各断面的 $BOD_5$  5a均值为3.74~8.34 mg/L， $COD_{Cr}$  5a均值为16~30 mg/L，根据国家环保总局2002年4月26日颁布的地表水环境质量的分级，均达到V类水质控制标准； $NH_3-N$  5a均值为2.54~8.10 mg/L，TN 5a均值为5.92~10.34 mg/L，TP 5a均值为0.365~0.709 mg/L，均为劣V类，未达到V类水质控制标准。由此可见，蓝藻浜主要污染指标为氨氮、总氮和总磷。从整体来看， $BOD_5$ 、 $COD_{Cr}$ 、总氮和氨氮呈逐年下降趋势，总磷在2011年出现回升。五项主要污染指标从上游到下游的空间分布呈“中间高、两边低”的趋势。

### 5 蓝藻浜水污染主要因素分析

根据调查研究结果的综合分析，主要存在四个方面的问题：一是沿岸工业污染源多，两岸岸线以企业、码头等生产活动占用岸线为主，缺乏统一规范，功能布局混乱，沙石料、垃圾等堆场码头、搅拌站密布，治理不到位；二是截污管网不完善，部

分工业污水和生活污水未经截污纳管，直接排入河道并经长期积存，造成河道污染顽症频发，引发激烈的环境信访；三是蓝藻浜属于航运河道，基础老化，河底泥污染、淤积严重，河道清淤、保洁不及时，河道水系易腐臭；四是居民环境保护意识淡薄，对河道水质造成一定影响<sup>[2]</sup>。

### 6 蓝藻浜水污染治理的思考

#### 6.1 建立管理机构

建立一个蓝藻浜流域综合管理专职机构，把水资源的开发利用、水污染防治和相关生态系统的开发保护等职能进行统筹，从而实现流域系统的开发和利用。该机构主要应当承担五个方面的职责：一是制定统一的流域水污染控制，生态状况和水环境综合管理改善的方案，并为各类规划实施资金配套；二是制定流域相对统一的产业发展模式、在产业发展过程中实行总量控制、生态补偿等措施；三是负责管理协调蓝藻浜全流域水资源的均衡开发利用，确保可持续发展，并通过沟通，解决跨区跨部门的水环境纠纷；四是负责建立一个统一的跨区跨部门的水环境监测网络平台，实现资源和数据共享，并建立回顾评价机制；五是负责对蓝藻浜流域相关管理部门执行国家法律法规及相关政策的实际情况进行有效的监督<sup>[3]</sup>。

#### 6.2 工业污染源控制

①进一步加大产业结构调整力度，控制钢铁行业等高排放行业产能，加快淘汰落后产能，着力推进工业向规范的工业园区集中；实现污染源头控制；②加强重点污染企业的监管力度，确保企业污水稳定达标排放；③增加管网覆盖率和企业的污水水纳管率；④开展蓝藻浜沿岸码头和堆场的统一化和规范化，促进零星企业、堆场的转型或撤离；⑤充分利用市场经济杠杆的作用，促进环境资源利用效益的最大化，建立激励机制，设立分类专项资金，提供补助、补偿、奖励和税收减免。

#### 6.3 上游及支流污染控制

上下游协调，建立区域联动的水环境管理机制。流域是一个整体，且城市水环境具有多重功能，上下游间及各部门间存在密切的关系，在处理流域性水环境问题时，应打破行政区划界限和部门壁垒，全面考虑，实现水环境综合管理，减少上游及支流对蓝藻浜的输入污染<sup>[4]</sup>。

#### 6.4 生活源污染控制

提高城镇生活污水截污纳管率，加强实施污水管网建设，提高污水收集、处理能力。

### 6.5 其他治理对策

①加强对河道的监管、清淤、保洁工作力度,制定实施生态修复工程方案,开展蕹藻浜河道两侧护岸生态再造,逐步消除脏乱差现象;②建立水环境综合治理信息共享的网络平台,并提供统一的标准方法、统一的监测布点、统一的信息发布,实现政府部门、科研院校和公众等三方的信息透明和共享;③加强污染源企业的环境保护教育培训,提高企业在节能减排、循环经济、环境保护方面的认

识,促使企业不断改善自身的环保行为。

#### 参考文献:

- [1] 周念清,王燕,江思珉. 长江口水质现状与水环境特征研究 [J]. 上海环境科学, 2009, 28 (2): 52-55.
- [2] 张兴正,陈振楼,许世远. 上海市郊区水体污染问题及防治对策 [J]. 国土与自然资源研究, 2004, (2): 68-69.
- [3] 郜芸,杜鹏飞. 中国城市水环境安全监管中现存问题研究 [J]. 环境科学与管理, 2012, 37 (8): 30-33.
- [4] 韩昌来. 黄浦江上游水源地水环境特征及保护对策 [J]. 中国给水排水, 2004, 20 (12): 104-106.

## A Research and Reflection of Water Environmental Pollution in Wenzao Creek

WU Hong-yan

(Environmental Protection Bureau of Baoshan, Shanghai 201900 China)

**Abstract:** Wenzao Creek, the most important trunk river, is located in Baoshan District of Shanghai. As a main tributary of Suzhou River, Wenzao Creek has been performing the water supply and drainage functions for a long time and therefore its water is seriously polluted. Based on the field investigation, the results of the pollution source census and the environmental monitoring data, the author points out the current water pollution of the creek and puts forward the pollution treatment measures.

**Key words:** water pollution; survey; current situation; treatment suggestion; Wenzao Creek

# 泚江流域环境保护综合治理措施探讨

陈 春

(兰坪县环境保护局, 云南 怒江 671400)

**摘 要:** 阐述了泚江流域环境现状, 分析了存在的主要问题及其成因。在坚持“保护、治理、开发”三结合的原则下, 提出了要建立全方位的污染控制体系, 对受污染影响的生产生活用水提出替代方案, 对受到污染影响的土地进行治理, 完善监控体系。兴建工业点源治理、矿区生态恢复、城镇污染源控制、河道内源疏浚及生态建设、污染土壤恢复、饮用水环境保护与水污染影响水源替代工程等建设项目, 通过采取生态、工程和管理综合措施, 确保泚江流域水环境安全, 维护泚江流域水生态系统平衡, 促进该流域上游与下游、经济与环保协调发展。

**关键词:** 环境保护; 综合治理; 泚江流域

**中图分类号:** X52    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0052-06

## 1 泚江流域概况

泚江位于怒江傈僳族自治州兰坪县和大理白族自治州云龙县境内, 地理坐标为东经  $99^{\circ}13' \sim 99^{\circ}36'$ 、北纬  $25^{\circ}28' \sim 26^{\circ}41'$ , 最大横距 36.3km, 最大纵距 90km, 全流域面积 2709.4km<sup>2</sup>。为两县的母亲河, 兰坪县和云龙县县城均在干流岸边。

泚江为澜沧江一级支流, 发源于兰坪县境内, 上游分东西二岔, 东岔称上泚江, 西岔称金坪河(挂登河)。东岔发源于境内的青岩头山(海拔 3662.2m), 河流由北向南流经干竹河、高坪、金龙、福坪、江头河、大龙村委会, 于金顶镇文兴村委会与西岔汇合, 流长 21.4km, 河床平均坡降 2.8‰, 流域面积 200.4km<sup>2</sup>, 平均年产水量 9504 万 m<sup>3</sup>; 另一支流发源于栗树场, 两河于金顶汇合后由北向南流经金凤、七联、官坪、箐门等村委会, 于金鸡桥进入云龙境内, 由北向南流经云龙县的白石镇、检槽乡、长新乡、诺邓镇、宝丰乡, 于功果桥下游约 200m 处汇入澜沧江。

泚江总流长 169.5km, 其中兰坪县境内流长 46.7km, 云龙县境内流长 122.8km。主河道平均坡度 8.4‰, 流域多年平均降水量 880mm, 多年平均径流量  $11.4 \times 108\text{m}^3$ 。河面宽度 50~100 m, 最大流量为 604 m<sup>3</sup>/s, 最小流量为 1.1 m<sup>3</sup>/s, 年平均流量 28.3 m<sup>3</sup>/s。

沿江而下的泚江流域云龙段主要支流有: 稗子田河、大朗河、大达河、豆寺河、清水河、丰胜河、

哨山箐河、老仁场箐河、皂角场河、海尾场河、诺邓河、狮里河、瓦工河、十八寨箐河、瓦草河、石房河、三叉河、中因河、黑谷田河、牡丹河等 21 条。其中较大的支流是狮里河, 流域面积 253.9km<sup>2</sup>, 主河长 36.4km, 河流平均坡降 18.4‰。

泚江流域受地形条件及气候条件的影响, 降水在年内分配不均, 年降水量主要分布在每年的 6~10 月(雨季), 雨季降水量占全年降水量的 70%~80%, 地表径流的分布与降水相似, 汛期占 70%~80%, 枯季仅占 15%~25%。同时山区大于坝区和河谷地区。泚江流域的高值区在五宝山一带, 最大径流深达 700mm, 每平方公里产水量 70 多万 m<sup>3</sup>; 变差系数变化范围为 0.22~0.30; 低值区在中下游河谷地带。

沿江两岸是兰坪和云龙县社会经济发展的中心区域, 同时在上游兰坪县分布有全国最大的铅锌矿区, 是云南省有色金属重要的生产基地。资源开发与水环境保护的矛盾突出, 泚江的污染已严重影响泚江流域的水环境功能, 已丧失工农业生产和生活用水功能, 水环境的安全事关沿岸城乡经济和社会的发展。

## 2 泚江流域水环境质量现状

### 2.1 有关泚江重金属污染研究和水环境质量的历史回顾

兰坪铅锌矿大规模开采始于 1984 年, 1986 年~1988 年曾进行连续调查监测, 结果表明, 由于废水、尾矿不经过处理直排以及冶炼废渣就近堆存河流两岸、矿山水土流失, 造成泚江水中铅平均超

标率为 26%，镉平均超标率为 38%，而上游地表水、地下水和主要支流均不受污染影响。1986 年全年连续调查表明，污染程度丰水期 > 平水期 > 枯水期；重金属形态分析研究表明，沱江水中铅主要以悬浮态存在，水溶态约占 1/5；锌和镉悬浮态与水溶态约各占一半。表层底泥中重金属以铁锰氧化物结合态为主，在氧化还原电位正常及水中有足够氧时不易释放，但当水中溶解氧减少或水中 pH 值减少时会引起底泥中重金属释放，造成水体污染。对沱江水体中砷的化学形态及迁移转化规律的研究显示，沱江水中砷主要以悬浮态砷的形式存在，能近似体现对生物有效性的水溶态砷仅为 1% ~ 2%，从沱江水文条件及污染特征看，枯平水期矿山及选厂含砷污染物向下游输送量不大，且底质再悬浮作用弱，而在丰水期，矿山选厂大量含砷污染物被洪水冲下，且再悬浮作用随水文条件改变而增大，自然净化作用较弱，故下游污染较严重。

李瑞萍等于 2007 年 9 月在云龙县城以上同步采集了 7 个断面的水样和底泥样品，分析了沱江水体中重金属的地球化学特征。结果表明，沱江底泥已经成为重金属元素的蓄积库，沱江水中重金属元素含量的峰值在矿山附近的下游，而底泥中重金属元素的峰值在矿山下游 30 ~ 50 km 的地方，矿业活动、水流变缓、pH 等水体环境条件的变化都能影响水和底泥中重金属元素的含量。沱江水中 Pb、Zn、Cd 和 As 在矿山上游的点（背景点）含量都较低。4 种重金属元素在流域底泥中的形态分布表明，相对稳定的残渣态、铁锰氧化物结合态、强有机结合态分布较为一致，而潜在的较活动的离子交换态、腐殖酸结合态、碳酸盐结合态分布所受的影响因素较多，分布较为复杂。总体看来，受矿业活动的影响，底泥中 Pb、Zn、Cd 的残渣态和强有机结合态的比例都有所降低，活性态比例有所上升，这可能与耗氧物质的排放相关。Pb、Zn、Cd 的水溶态、离子交换态、碳酸盐结合态和腐殖酸结合态分别占全量的 86%、77%、82%、23%。当环境 pH 发生改变降低时，如发生酸雨或酸性矿山废水的排出，潜在的活动态发生转换，底泥中 Pb、Cd、Zn 三种元素的离子交换态和水溶态会大量增加并向水体释放，水中重金属元素的含量也会大量增加，对沱江流域的生态环境具有潜在的危害。该项研究水样用 0.45 μm 滤纸过滤，所测重金属元素的含量可视为不含悬浮物的可溶态金属元素的含量。水质情况见表 1。

从以上研究可以看出，沱江的重金属污染历史是伴随着铅锌矿开采而出现的，重金属的形态直接影响到其环境效应，底泥是重金属的“库”。禁止酸性废水排放，疏挖底泥，降低耗氧物质排放等是控制沱江重金属污染的重要手段。

表 1 沱江水中重金属元素的含量 (mg/L)

水样号	As	Cd	Pb	Zn	pH
LL1 - W	0.00120	0.00010	0.00250	0.03990	8.63
LL2 - W	0.00300	0.00900	0.01055	1.06210	8.05
LL3 - W	0.00240	0.00445	0.02995	1.02890	8.22
LL6 - W	0.00240	0.00380	0.03280	0.50775	8.41
LL7 - W	0.00270	0.00405	0.03645	0.48205	8.44
LL5 - W	0.00180	0.03875	0.01360	0.65530	8.1
LL4 - W	0.00300	0.01310	0.01985	0.32955	8.38
Ⅲ类水质标准 ≤	0.05	0.005	0.05	1.0	
Ⅳ类水质标准 ≤	0.1	0.005	0.05	2.0	

## 2.2 水污染特征

沱江流域水污染表现为以下特征：

- (1) 水体表现为重金属污染；
- (2) 总体污染趋势是丰水期 > 平水期 > 枯水期；
- (3) 结构性污染严重，主要表现为矿产资源的开采、洗选以及固体废弃物污染；
- (4) 跨行政区边界水质污染矛盾突出；
- (5) 排放酸性废水、耗氧物质，增强重金属的生物危害性；
- (6) 由于重金属的迁移转化过程复杂，受水文条件和再悬浮的影响大，上下游水质监测数据变化较大。

重金属污染尤其特殊性，总体上以悬浮态为主，明显受河流流速、河床形态影响，其迁移转化规律复杂。河流的流量越大，坡度越陡、流速越快，随废水排入河流的悬浮物越不易沉降，而向下游迁移，因此河流的水文条件对重金属在河流的迁移、分布起着决定作用。

从沱江水文条件及污染特征来看，枯平水期，选厂及矿山径流向沱江输送的污染物量较小，而且底质再悬浮作用弱，沱江水中重金属主要向底质转移和被稀释，自然净化作用较强；丰水期，尤其是暴雨期间，大量的污染物随矿山地表径流、水土流失、泥石流被冲入沱江，且再悬浮作用（二次污染）增大，干流的自然净化作用相对较弱，故下

游污染较重。由于泚江河床底质以砂质为主,有机成分低,不利于对重金属的吸附,加之水文条件改变后的再悬浮作用,因此泚江对重金属污染物的自净能力较弱。

### 2.3 水环境保护及污染治理现状

泚江污染问题由来已久,特别是20世纪80年代中后期大规模无序群采,造成了泚江污染问题。围绕泚江污染治理,省政府高度重视,地方政府和各有相关部门开展了大量工作,总体上看,矿产资源整合取得突破性进展,非法排污基本得到制止,水环境质量呈好转趋势,但距离恢复水环境功能还有很大差距。

1990年开始着手治理和整顿矿山秩序,禁止群采,但开采遗留的大量问题尚无力治理;1989年9月,国家正式把兰坪铅锌矿列为国家规划矿区,1992年,云南省人民政府和原中国有色金属总公司联合开发兰坪铅锌矿,成立国有“兰坪有色金属公司”,为地方小选、冶企业临时供矿;2003年金鼎锌业组建以来,矿山资源开发秩序得到根本扭转,确立了“一矿、一证、一主体”的政策,环境保护受到重视,污染源治理逐步规范。矿产资源整合后,关闭了南厂矿段15个采矿坑口并进行封山育林。对跑马坪井下运输系统、采场重新进行了规划,从根本上扭转了矿山无序开采、安全事故频发的混乱局面。

由于历史上矿产资源开采遗留问题突出,泚江的水污染问题仍十分突出。2002年,云南省环保局成立了现场调查组,会同怒江州、兰坪县环保局对泚江河流域兰坪段泚江两岸的20家有色金属选冶企业的22条生产线进行了拉网式全面检查,对重点污染源和泚江河水质进行了监测,并提出了整改意见。关闭了泚江河沿岸15家环境污染严重的矿业企业,对3家企业实行限期治理。对沉积在河内的矿山废弃物进行清运,疏浚河道、改直、开挖新河道482m,在支流建设拦砂坝4个、谷坊坝4个、固床坝4个,矿山采矿权人共建16个拦渣坝、4个排土场、5条截洪沟。经过近几年的努力,泚江河流域污染物外排得到了一定控制,矿山开采经整合后,大多企业已基本关闭,目前只有金鼎锌业一家大型公司负责兰坪金鼎周围矿山的采、洗、选、冶,流域的污染防治工作取得一定成果,水质有一定改善。

以上整治工作的实施一定程度上降低了泚江流域的污染负荷,减缓了泚江河的水质继续恶化的趋

势,取得了一定的综合治理成果。但由于重金属污染问题复杂,特别是常年累月的底质累计,水体中的重金属污染现状没有得到明显改变。

主要原因是泚江两岸“自然停产”的选冶企业其尾矿污染源防护设施不到位,未采取相关恢复、封场措施;历史上大量流失污染物沉积在河床,成为“污染库”;河流两岸存在大量“松散”物质,随降雨进入河道污染水体;尾矿库排水、矿坑涌水资源化利用不够;矿山开采过程中不可避免会产生水土流失,对泚江造成污染。2000年以前,在汇合口以下共建块石支砌河堤2115.6m,由于基础处理不当,约20%已倒塌或被泥石流流掩埋,2000年后共建毛石混凝土河堤约1800m。目前,能发挥作用的河堤不足3km,占汇合口以下河道总长的12%。对泚江河河道只进行了少量、局部的河道疏浚、改直工程,未起到实质性作用。汇合口以上未实施植树造林等防止水土流失工程。由于泚江河内污染物累积历史时间长、数量大,加之整治措施见效需要一个较长的时间过程,因此环境污染治理工作仍旧严峻。

## 3 主要环境问题及其成因

### 3.1 水质及底质重金属污染,泚江干流已丧失生产和生活用水功能

由于历史原因以及现状污染源治理仍待加强,再加上河流两岸含有重金属的松散物堆积,泚江目前的水质仍为劣V类,主要污染物为锌、铅、镉和砷,属严重的重金属污染。同时,河流沉积物已成为重金属“污染库”,由于再悬浮的作用,水质改善压力很大。

### 3.2 历史遗留问题隐患突出

由于历史原因,泚江沿线原有许多小型选厂在进行选矿,目前金鼎公司收购小部分选厂,其余选厂也因为原料不足处于停产阶段,但其相应配套的尾矿库等由于环保设施等不到位,造成对水环境的不利影响。据统计,目前停产企业总占地面积约21hm<sup>2</sup>,这些土地已受到重金属的严重污染,随着降雨径流而产生污染;泚江两岸停产企业遗留的尾矿库有8个、一般工业废弃物堆场4个、危废库1个,这些固体废弃物若得不到妥善处置,将是污染泚江的一大隐患。

### 3.3 矿山开采造成的水土流失和植被破坏

随着矿产资源整合的成功实施,矿产资源有序开发得到加强,但由于客观原因和部分水土保持设施标准低,历史上群采时期遗留的生态破坏问题,



恢复难度大,整体上矿山区水土流失和植被破坏仍十分严重,南北大沟和练登大沟治理需要持续加强,矿坑水利用亟待进行。

### 3.4 城市生活污水及生活垃圾处理设施严重滞后

兰坪县和云龙县目前还没有污水处理厂和垃圾处理厂,沱江两岸全部的生活污水未经任何处理就直接排入沱江,沿岸大部分生活垃圾未得到有效处置,部分生活垃圾直接倒入沱江,进一步加重了沱江的污染。

### 3.5 沱江沿岸土壤已受到污染

沱江流域和矿区四周土壤污染尚未开展过系统调查,本次规划于2008年2月对沱江兰坪段的土壤进行了监测,监测结果见表2。从监测结果看,除新生桥外,其他监测点超过土壤环境质量标准值的三级标准,主要是镉、锌超标,其中以大龙坡土壤重金属含量最高,锌含量为国家三级标准的1.31倍,镉为7.4倍、砷4.6倍。

表2 沱江土壤污染监测结果 (mg/kg)

	As	Pb	Cd	Zn
新生桥	22.8	33	0.448	81.3
官坪	38	68.4	1.59	233
大龙坡	137	291	4.43	655
高坪	37.2	48.5	1.58	190

### 3.6 重金属高背景区造成治理因素复杂化

至今为止,尚未见到系统地研究沱江流域的地球化学背景工作,兰坪铅锌矿的发现到开发至少表明该区域属于天然地球化学重金属高背景区。较早的研究认为,沱江铅、镉元素异常带的面积约120km<sup>2</sup>,占沱江上游流域面积的25%。异常带延伸方向向南,与区域主要构造线方向基本一致,分布在沱江两侧不同高程的斜坡上。但通常情况下,高背景异常带是环境稳定的,人为的扰动,会使原有的生态平衡和地球化学异常平衡遭到破坏,使天然地球化学异常发展到环境地球化学异常,从而给治理重金属污染带来很大的困难。

## 4 综合治理措施探讨

### 4.1 有效削减老污染源,控制新污染源

工业污染源治理的核心是有效削减老污染源,控制新污染源,停止审批向沱江排放重金属以及其他有毒、有害污染物的项目。按照“铅锌行业清洁生产评价指标体系”的要求,对金鼎锌业冶炼、采矿以及云龙飞龙冶炼厂进行清洁生产审核。选矿

废水回用率必须达到75%以上,现有尾矿库排水确保稳定达标并逐步回用。全面治理已“自然停产”或政府依法关停企业的遗留的污染源。严格执行“一矿、一证、一主体”的政策,对金鼎锌业矿区以外的采矿企业,进行全面清理,严格执行矿产资源开发规划,对不符合环保要求以及矿产资源开发要求的企业进行清理整顿。

通过调整产业结构,推行清洁生产和循环经济,构筑“产业集聚发展、污染集中处理、优势集约体现”的工业发展格局。落实国家产业政策,强制淘汰污染严重的企业和落后的生产能力、工艺、设备与产品。按照行业集中联片发展的要求,积极鼓励现有工业企业向工业园区靠拢,重点是鼓励搬迁资源再生利用型产业、重污染企业和严重扰民的企业。通过优化整合,促进集中布局,构筑“产业集聚发展、污染集中处理、优势集约体现”的工业发展格局。推行清洁生产和发展循环经济,严格执行《铅锌行业准入条件》。

### 4.2 加强矿山生态恢复和环境管理

合理利用矿坑水,治理矿山开采废水,综合治理小流域,加强矿山生态恢复和环境管理,控制矿区水土流失,是矿区重金属污染防治的重点。开采铅锌矿资源,应遵守《矿产资源法》及相关管理规定,严禁将整装矿床分割出让。严格执行“一矿、一证、一主体”制度。积极发展矿山开采清洁生产和循环经济。鼓励采用新技术和大型工艺,铅锌采矿损失率坑采(地下矿)不超过10%、露采(露天矿)不超过5%,采矿贫化率坑采(地下矿)不超过10%、露采(露天矿)不超过4.5%。硫化矿选矿铅金属实际回收率达到87%、选矿锌金属实际回收率达到90%以上,混合(难选)矿铅、锌金属回收率均在85%以上,耗用水量低于4t/t矿,废水循环利用率>75%。禁止建设资源利用率低的铅锌矿山及选矿厂。

完善“一矿、一证、一主体”的管理体制,确立“大矿大开,小矿整合”的开发思路,清理整顿矿产资源开发企业,特别是对上金龙和来龙矿点进行清理,除金鼎锌业矿区外,对不符合国家产业政策、资源浪费、环境污染严重的采矿企业一律“关停”,并进行善后恢复。

加强矿山开采生态环境的监管。由于历史遗留问题突出,应编制矿山环境治理规划,综合设计恢复与治理问题。同时,设立监测点和监测断面,对于现有矿山开采水土保持指标以及生态恢复指标的

完成情况进行跟踪监控。

#### 4.3 城镇污染源控制

贯彻“减量化、资源化、无害化”原则，大力推进生活垃圾无害化处置设施建设。建立完善城市垃圾集运系统，大力推行压缩式或集装箱式密封垃圾中转站。逐步实现市域内的垃圾袋装化，完善生活垃圾分类收集系统，建立农村垃圾处理长效管理机制。强力推行“组保洁、村收集、镇运转、县处理”的城乡生活垃圾一体化处置模式，流域内农村垃圾的收集率、清运率和处理率大幅度提高。

建立健全沿江城镇生活垃圾清扫、收集、运输系统和保障机制，严禁生活垃圾沿河倾倒和堆放。对不具备条件的城镇，建设生活垃圾简易卫生填埋处理设施。同时开展生活垃圾综合回收利用，回收可再生利用资源，提高废弃物综合利用率，减轻环境负荷。

城镇生活污水主要特征污染物为有机污染物及N、P营养物质，根据沱江污染严重及城镇污水处理技术发展趋势，处理工艺选择具有除磷脱氮效果较好的二级处理工艺，出水水质应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）一级B标准。

#### 4.4 内污染源治理

重金属多以悬浮态存在，沱江河道沉积物是重要的“污染库”，随着水文状态的改变随时改变着监测结果。在源头治理的同时，及时清除河道沉积物，对于确保水质达标具有重要意义。沉积物清理期间应加强水质监测，确保用水安全。同时加强河岸防护工程的实施，提高水体的自净能力和环境容量。污染河流沉积物的治理分为原地和异地处理方法。原地处理污染底泥的效率一般比异地处理污染底泥的效率低，所以目前采用较多的是异地处理。

由于重金属具有被土壤吸附固定不易向下迁移的特性，对于河流沉积物处理必须考虑避免“二次污染”的问题，堆置区应避免地下水污染，适当进行防渗处理，充分利用废弃低洼地作为堆置场地，用碱性物质如石灰、硅酸钙炉渣、粉煤灰等调节底泥pH值，并尽可能作为建设用地。若作为其他用地，在底泥堆积区永久性种植树木和非食用性经济植物，可以使重金属不进入食物链。

在沱江上段兰坪段，从高坪村委会至箐门村委会总长度25.88km（除去金凤桥至麦干甸1500m主河道）的河道进行清障清淤、疏通河道。

建立沿江城镇河道保洁工作长效机制，加强河道管理。根据现有保洁实际需要，结合镇、村河道权属确定保洁范围，采取“定河段、定人员、定形式、定职责”的工作要求，对沿江城镇实行保洁目标管理。清理河面及河道两岸、桥洞、主河道等处的垃圾、杂草、漂浮物等影响水质和环境的杂物；清除河中有碍排洪的阻水物；禁止沿岸倾倒垃圾和工业固体废弃物，达到“河面无杂草，无漂浮物，河中无障碍，河岸无垃圾”的“四无”标准，有效削减污染负荷，改善水体景观。

#### 4.5 面源污染治理

对于高金属背景区以及土壤受到污染的区域，大力调整农业产业结构，采取措施鼓励种植木本水果和木本油料，尽可能避免种植水稻、蔬菜等易富集重金属的作物，以保证农产品安全。

结合沿江城镇推进农业产业化的发展思路，大力发展生态农业，禁止使用国家明令禁止生产和使用的剧毒高残留农药。在农作物病虫害防治上，坚持以生物防治为主，生物、化学农药防治相结合的手段，达到防治效果。积极推广择土施肥、平衡施肥，大力推广使用有机肥、复混肥，有针对性地施用微肥。逐步推广可降解塑料使用。

大力推广农村循环经济模式，建设生态农户，发展庭院经济。推广建设农村沼气池，将农村居民产生的生活废水、人粪便通过沼气池熟化、净化后还田还地，实现物质流、能量流的良性循环。严禁人、畜、禽粪便未经任何处理直接排入水体，造成水源污染。

对于重要水源区划定农药及化肥禁施区，发展生态农业。积极采取工程措施、生物措施，提高农村废物污染综合利用率。

积极开展农村环境保护和生态环境知识教育宣传，通过环境保护生态建设教育和培训，使农民通过各种措施自觉投身到防治农村面源污染中去，充分发挥人民群众勤劳和智慧力量，积极开展群防群治。

#### 4.6 强化环境监管工作

一是加大环境监测力度。根据云南省环保厅《沱江监测工作方案》要求，在沱江流域（兰坪段）布设3个常年水质监测点，每个月采样化验1次，对沱江水质中的25个指标进行每月1次的定期监测，并上报监测数据和月度分析报告。对沱江流域饮用水源、土壤、农作物、底泥监测实行定点、每月1次监测制度。二是狠抓环境监察工作。

为强化对泚江流域选冶企业的监管,增加监察频次,按照云南省环保厅《泚江监察工作方案》要求,州、县环保监察队分别对泚江流域选冶企业实行每月1次和每周1次的实地监察。三是强化公众参与力度。制定《环境污染举报奖励制度》,开通了“12369”环保热线,畅通群众举报、投诉环境问题的渠道。推行违法排污企业公告制度,及时向社会公布违法排污企业名单、违法行为及环保部门处罚结果,使泚江流域环境保护深入人心。

#### 4.7 积极推进低品位氧流混合矿选矿工程

凤凰山铅锌矿床虽是世界级的大矿,但其成矿条件复杂,低品位氧硫混合矿的选矿技术又是世界级的难题。为了更科学合理地利用好矿产资源,当地党委政府坚持先易后难、分期开发的战略,先利用回收率较高的氧化矿,而将难处理的氧硫混合矿进行科学有序堆存,堆存近4000万t。一旦雨季来临,由于地表水的冲刷,堆积物中的铅、锌、镉等重金属被带进了泚江河,导致雨季内泚江河水质重金属超标,而雨季后水质相对好转,这就是泚江河水质时好时坏、水污染治理成效难以巩固的原因。目前要紧紧抓住低品位氧硫混合矿选矿实验通过中国有色金属协会成果鉴定的机遇,加快凤凰山矿区堆存的4000多万t低品位氧硫混合矿的开发利用,

变废为宝,提高资源综合利用率,最大限度地化解安全风险和环保风险。

#### 5 结语

泚江流域的环境综合治理工作是一个系统工程,涉及各级政府、各有关部门和上下游区域大力协作。要坚持谁污染、谁治理的原则,明确责任主体,对历史遗留问题,按照尊重历史的原则,合理确定责任主体。广泛宣传 and 普及环境科普知识,提高公众的环境意识,建立群测群防网络和群众性监督系统;注意综合运用经济、法律和必要的行政手段来规范人类的行为;对于破坏环境行为,加大监管和执法力度,坚持常抓不懈。努力促使人类经济活动与地质环境相互协调,确保泚江流域水环境安全,维护泚江流域水生态系统平衡,促进该流域上游与下游、经济与环保协调发展。

#### 参考文献:

- [1] 赵明. 兰坪铅锌矿对泚江的污染及对策[J]. 大理科技, 1990, (1): 46-48.
- [2] 乔庆霞. 泚江表层底泥中重金属化学形态的研究[J]. 昆明理工大学学报, 1999, 24(2).
- [3] 李瑞萍. 滇西泚江流域水体中重金属元素的地球化学特征[J]. 地质通报, 2008, 27, (7).
- [4] 胡新民. 金沙江流域地表水污染治理对策研究[J]. 环境污染与控制, 2005, (4).

## A Discussion about Comprehensive Environmental Treatment and Protection in Pijiang River Catchment

CHEN Chun

(Lanping County Environmental Protection Bureau, Nujiang Yunnan 671400 China)

**Abstract:** The current situation, main problems and their causes of the environment of Pijiang River Catchment are discussed and analyzed. Abiding by the principle of “Combining Protection, Treatment and Development”, we propose to establish a comprehensive pollution control system, the alternative water sources for the polluted area, and to treat the contaminated land and improve the monitoring and supervision system. A number of engineerings are also suggested such as putting up facilities for industrial pollution treatment, the ecological restoration in the mining area, control of the urban pollution sources, river dredging, rehabilitation of the contaminated soil, source water protection and so on. It is aimed to safeguard the water environmental safety and maintain the ecological balance in the catchment; as well as facilitate the communication between the upper and lower reaches and harmonious economic and environmental development through the comprehensive ecological, engineering and management measures.

**Key words:** environmental protection; comprehensive treatment; Pijiang River Catchment

# 玉溪尖山河小流域 N 的输出特点研究

邵 智, 赵永宾, 李洪波, 王 放

(云南汉龙环保科技有限公司, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 对澄江尖山河小流域不同土地利用类型径流小区进行监测, 并对地表径流中氮素的流失特征进行研究。结果表明: 随着降雨量的不断增大, 径流中的总氮和氨氮的输出浓度也有上升的趋势; 在相同降雨条件下, 各地类年平均总氮输出浓度为: 农地 7.955 mg/L、人工林 7.4886 mg/L、次生林 6.9836 mg/L、灌草丛 4.5188 mg/L; 氨氮的年平均输出浓度为: 农地 0.8474 mg/L、人工林 0.7286 mg/L、次生林 0.6514 mg/L、灌草丛 0.4782 mg/L。农地的总氮输出浓度和氨氮输出浓度最大, 人工林次之, 灌草丛和次生林较小。研究结果表明, 灌草丛和次生林较高的植物覆盖有效地保持了水分和土壤, 从而也减缓了氮素的输出。

**关键词:** 总氮; 氨氮; 小流域; 输出特点; 尖山河; 玉溪

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0058-05

氮是造成水体富营养化的主要元素之一, 在暴雨径流条件下, 土壤中的氮、磷等养分随地表径流汇入各种水体, 引起水体的富营养化和污染, 成为水体富营养化的限制因子<sup>[1]</sup>。大量的研究表明, 有效地控制农业非点源污染是从根本上解决水质污染问题的关键<sup>[2]</sup>。为防止地表水体富营养化, 保护日趋紧张的水资源, 氮磷非点源污染物输出的估算与控制已成为世界范围内最重要的环境保护议题<sup>[3]</sup>。目前, 根据我国 25 个湖泊水环境现状的调查, 水体全氮均超过了富营养化指标, 氮富营养化逐渐成为我国水污染的核心问题<sup>[4]</sup>。

通常情况下, 土地利用方式对非点源氮的流失有重要影响, 不同的土地利用类型如林地、草地、农田明显影响着地表径流和氮的流失量<sup>[5-8]</sup>。其中, 小流域中不同土地类型的氮素流失是主要表现形式。目前, 关于小流域土壤氮磷养分流失的研究比较多, 如张玉珍<sup>[9]</sup>对福建盆谷型农业小流域氮磷的流失的模式进行了分析研究, 张兴昌等<sup>[10]</sup>对黄土丘陵区小流域土壤氮素流失规律进行的相关研究。本文选择抚仙湖流域内的小尖山小流域作为研究对象, 利用长期定位试验研究该小流域内自然降雨条件下不同土地利用类型的氮素的输出特征, 希望找出控制尖山河小流域及类似小流域面源污染氮素输出的办法。

## 1 材料与研究方法

### 1.1 研究区域概况

本研究试验地选在澄江县尖山河小流域 (图

1), 位于北纬 24°32'00"~24°37'38", 东经 102°47'21"~102°52'02", 东临抚仙湖, 流域总面积 35.42km<sup>2</sup>。最高海拔 2347.4m, 最低海拔 1722m。多年平均降雨量 1050mm, 降雨量集中在 5~10 月, 占全年的 75%。暴雨基本出现在雨季, 常以单点暴雨出现, 年平均蒸发量 900mm。该小流域主要有天然次生林、人工林、灌草丛、坡耕地和梯田几类地类。森林覆盖率 21.4%, 林草覆盖率 47.9%。其中, 流域内的土壤主要是红紫泥土和红

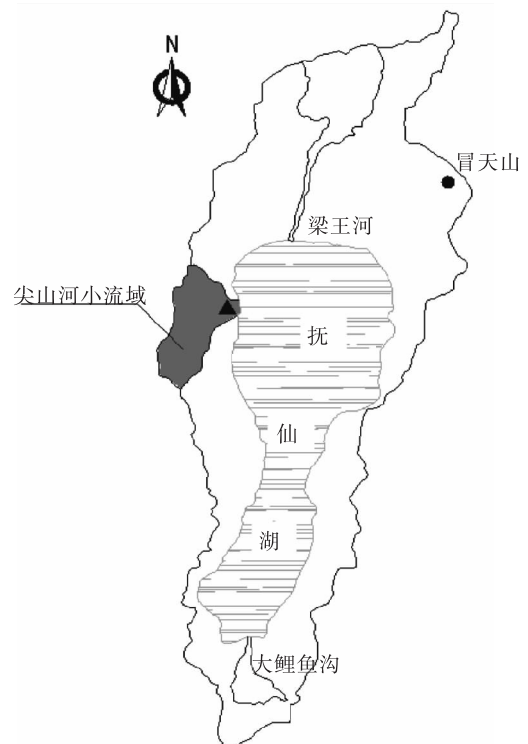


图1 监测小流域位置图

壤，红紫泥土主要分布在尖山大河上游河道顺流左岸方向，占流域面积的 60% 以上；红壤分布在尖山大河顺流右岸，其中石灰岩红壤分布在带头村附近、五尺埂至岔河，占流域总面积的 30%；玄武岩红壤分布在流域东部李头村附近，占流域面积的 8%。尖山大河河床两岸均为紫泥土，占流域总面

积的 2%。

### 1.2 实验设计与方法

经过勘查，根据不同的土地利用方式共布设 4 个水平投影面积为  $5 \times 20\text{m}^2$  的径流小区，分别建在坡耕地、灌草丛、人工林和云南松次生林 4 种地类上。

表 1 径流小区区域特征

小区名称	坡度/°	坡向	土壤类型	主要植物种类	海拔/m	盖度/%
灌草丛	20.84	南北向	红紫壤	紫茎泽兰、扭黄茅、鬼针草	1790	95
人工林	18.58	南北向	红紫壤	桉树、云南松、紫茎泽兰	1788	65
次生林	24.62	东西向	红紫壤	云南松、旱冬瓜、紫茎泽兰	1787	90
农地	18.58	南北向	红紫壤	种植烟草	1773	

在设置的径流场边缘采集土壤表层 0 ~ 20cm 的土样，以获取土壤养分含量背景值；在自然降雨事件中，分别采集次生林、人工林、农地、灌草丛径流场径流池中的径流样品 1000ml，4℃ 保存并在 24h 内测定其中的总氮、氨氮，总氮采用碱性过硫酸钾消解 - 紫外分光光度法测定，氨氮采用纳氏试剂比色法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同土地利用类型土壤氮素背景值特点

不同的土地利用类型土壤中的氮素来源不同，造成了不同土地利用类型土壤氮素背景值有所不同。自然土壤中，土壤氮素主要来源于矿物质和土壤有机质；在耕作土壤中主要来源有灌溉水和施肥等。

表 2 径流小区表土氮素含量

小区名称	总氮	水解氮
灌草丛	0.042	0.004964
人工林	0.022	0.003934
次生林	0.024	0.005294
农地	0.023	0.00394

从表 2 中可以看出，径流小区灌草丛的总氮含量要大于次生林农地和人工林，但它们之间的差距都不大，而对于水解氮来说，灌草丛、次生林高于农地和人工林，这是由于灌草丛植被覆盖度高根系繁多，植被改善了土壤结构，使得氮素不易流失，而富集在地表。

### 2.2 不同降雨强度下氮素输出的特点

#### 2.2.1 总氮的输出

降雨量的差异，对地表径流量有很大的影响，

直接决定着对地表的冲刷程度；由于地表植被对冲刷作用有一定的缓冲截留作用，使得各种土地利用类型径流中总氮含量随降雨量的变化呈现出一定的规律。

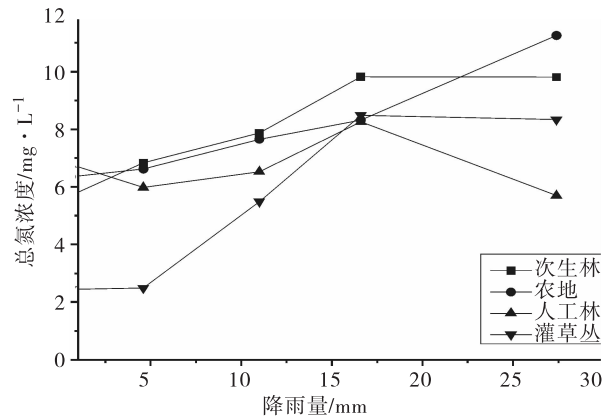


图 2 不同降雨量总氮输出趋势

由图 2 可以看出次生林、农地、人工林、灌草丛 4 种土地利用类型径流中的总氮输出浓度都有随降雨量增大而增大的趋势。当降雨量为 0.6mm 时，农地、人工林、次生林、灌草丛 4 种土地利用类型径流中总氮的输出浓度分别为：农地 6.357mg/L、人工林 5.7mg/L、次生林 6.775mg/L、灌草丛 2.445mg/L，而当降雨量增加为 27.4mm 时，4 种土地利用类型的总氮输出浓度分别增加为：农地 11.256mg/L、人工林 9.813mg/L、次生林 5.7mg/L、灌草丛 8.332mg/L。这是由于随着降雨量的增加，径流量随之增大，对地表的冲刷程度变大，携带大量氮素的泥沙被径流带走，部分氮素融入水体，从而使得径流水体含氮量升高。同时从图 2 还可看出，随着

降雨量的继续增加,这时雨水的稀释作用凸显出来,所以径流总氮的输出浓度有所减缓,甚至有所下降。这也进一步说明了暴雨冲刷所造成的土壤侵蚀是氮素污染的诱因之一。

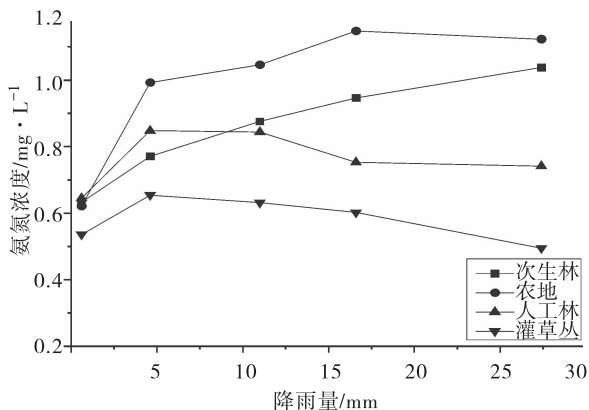


图3 不同雨量氮氮输出趋势

### 2.2.2 氮氮的输出

由图3可以看出,在不同降雨条件下次生林、农地、人工林、灌草丛4种土地利用类型径流中的氮氮浓度变化幅度都不大,次生林和灌草丛的氮氮输出浓度没有明显的变化规律。但农地和人工林氮氮输出浓度还是呈现了一定的变化规律,随着降雨量的加大,农地和人工林氮氮输出浓度有升高的趋势。当降雨量为0.6mm时,农地氮氮输出浓度为0.821mg/L、人工林氮氮输出浓度为0.633mg/L,当降雨量上升到27.4mm时,农地氮氮输出浓度上升为1.123mg/L、人工林氮氮输出浓度上升为1.038mg/L。与此相反,次生林和灌草丛的氮氮输出浓度随着降雨量增大在降低,当降雨量为0.6mm时,灌草丛氮氮输出浓度为0.536mg/L、次生林氮氮输出浓度为0.645mg/L,当降雨量上升到27.4mm时,农地氮氮输出浓度下降为0.495mg/L、次生林氮氮输出浓度下降为0.741mg/L。这种不同的结果是由于在农业活动中人们向农地和人工林施加了氮肥,土壤氮素含量较高,这些氮肥并不能被植物全部吸收,残留的氮素在降雨过程中随泥沙进入径流,融入水体,当降雨量加大时,雨水对土壤的冲刷也加大了,所以氮氮输出随降雨的加强而加大。而次生林和灌草丛受人为影响较小,土壤氮素含量较小,加之良好的植被覆盖有力地截留了含氮泥沙,所以当降雨量加大时,雨水的稀释作用大过于雨水的冲刷作用,径流氮氮输出浓度表现为下降的趋势。

### 2.3 不同土地利用类型径流小区径流中的氮素输出特点

#### 2.3.1 总氮的输出

不同的土地利用类型植被类型、植被覆盖率、土壤结构等因素不同,这些因素的介入,使得农地、人工林、次生林、灌草丛4种土地利用类型的水文特征各不相同,也就造成了不同土地利用类型总氮输出浓度的差异。

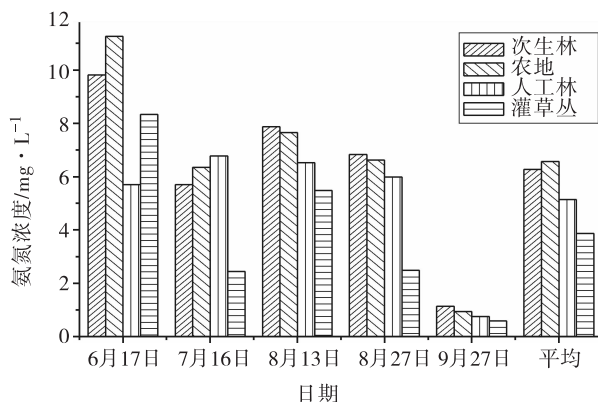


图4 相同雨量各地类总氮输出趋势

不同地类非点源污染物输出量有明显差异,植被类型不同,产生的径流量和非点源污染物浓度也不同,因此非点源污染物输出量就有明显变化。由图4可看出6月17日和8月13日总氮输出浓度为农地最大,7月16日和9月27日总氮输出浓度为人工林最大,8月26日为次生林最大,虽然从各月份数据看不出明显的输出规律,但从各地类的平均总氮输出浓度可以看出,总体输出规律为农地最大,人工林次之,再次是次生林,灌草丛最小。各地类年平均总氮输出浓度为:农地6.567mg/L、人工林6.2722mg/L、次生林5.418mg/L、灌草丛3.869mg/L。由图4可看出:次生林、灌草丛的总氮输出浓度要小于农地和人工林的总氮输出浓度。

总的来看,灌草丛、人工林等植被覆盖度较好的小区总氮输出量较小,农地小区由于植被覆盖度较差,雨滴的打击和冲刷作用使得总氮的输出浓度大于其它地类。

#### 2.3.2 氮氮的输出

氮氮输出受到降雨量的影响,在一定范围内输出浓度有随着降雨量增加而增加的趋势。随着降雨量的增加,径流中的氮氮输出浓度也在加大。其实质是降雨量的增大,使得径流对土壤的冲刷更加激烈,大量氮氮随泥沙进入水体。由于不同的土地利用类型植被种类不同、覆盖率不同、受农业活动影响程度不同,使得氮氮输出呈现出不同的特征。

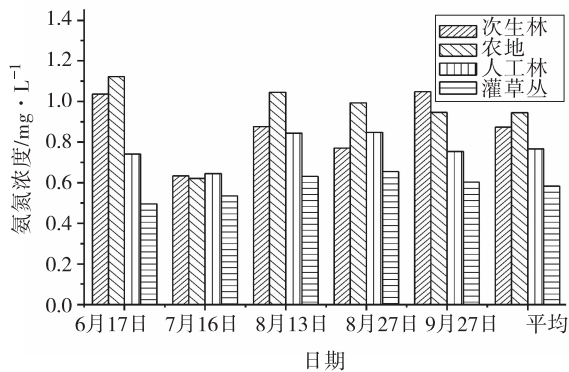


图5 相同雨量各地类氮输出趋势

由图5可以看出,不同的土地利用类型氮的输出有一定规律,6月17日、8月13日、8月26日和9月27日氮输出浓度为农地最大,人工林次之,之后是次生林,最小是灌草丛;7月16日氮输出浓度为农地最大,次生林次之,之后是人工林,最小的是灌草丛。氮的年平均输出浓度为:农地0.986mg/L、人工林0.8732mg/L、次生林0.7662mg/L、灌草丛0.5838mg/L。从氮的年平均输出浓度可以看出不同的土地利用类型氮的输出的总体规律为农地最大,人工林次之,之后是次生林,最小的是灌草丛。

土壤中的氮大部分随径流迁移,在相同的降雨条件下,农地的产流量是几种土地利用类型中最大的,且受到人们农业活动中施肥的影响,因此农地的氮输出浓度也是几种土地利用类型中最大的。由于灌草丛、次生林和人工林的植被覆盖度好于农地,且植被根系发达,这些条件都有力减轻暴雨的冲刷和固定了土壤,加之这些土地利用类型受到的农业活动影响较农地小,所以灌草丛、次生林和人工林的氮输出浓度较低。

### 3 结论

通过对澄江尖山河小流域不同土地利用类型径流小区的监测,并对地表径流中氮的流失特征进行研究,发现随着降雨量的增加,农地、人工林、次生林、灌草丛4种土地利用类型径流中的总氮的输出浓度在一定程度上也随着增大。其中,总氮的输出浓度:农地>人工林>次生林>灌草丛;而随着

降雨量的增加4种土地利用类型径流中的氮浓度变化的幅度都不大,次生林和灌草丛的氮输出浓度没有明显的变化规律,但农地和人工林氮输出浓度还是呈现了一定的变化规律,随着降雨量的加大,农地和人工林氮输出浓度有升高的趋势。与此相反,次生林和灌草丛的氮输出浓度随着降雨量增大在降低,这是因为随着降雨量继续加大,雨水的稀释作用大过于雨水的冲刷作用,造成了浓度的下降。而经过对比分析4种土地类型中总氮和氮的输出浓度,发现灌草丛、人工林等植被覆盖度较好的小区总氮和氮的输出浓度较小,农地小区由于农业活动影响较大,植被覆盖度较差,雨滴的打击和冲刷作用使得径流总氮和氮的输出浓度大于其它地类。

#### 参考文献:

- [1] 宋泽芬,王克勤,孙孝龙,等.澄江尖山河小流域不同土地利用类型地表径流氮磷的流失特征[J].环境科学研究,2008,21(4):109-113.
- [2] 孙正宝,陈治谏,廖晓勇,等.三峡库区典型小流域农业非点源氮磷流失特征[J].生态学杂志,2011,30(8):1720-1725.
- [3] Bechmann M, Stalnacke P, Kvaern S, et al. Integrated tool for risk assessment in agricultural management of soil erosion and losses of phosphorus and nitrogen [J]. Science of the Total Environment, 2009, 407(2): 749-759.
- [4] 宁建凤,邹献中,杨少海,等.农田氮素流失对水环境污染及防治研究进展[J].广州环境科学,2007,22(1):5-10.
- [5] 黄云凤,张珞平,洪华生,等.不同土地利用对流域土壤侵蚀和氮磷流失的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(4):735-739.
- [6] 杨金玲,张甘霖,张华,等.丘陵地区流域不同土地利用对氮素径流输出的影响[J].环境科学,2003,24(1):16-23.
- [7] 傅伯杰,马克明,周华峰,等.黄土丘陵区土地利用结构对土壤养分分布的影响[J].科学通报,1998,43(22):2444-2447.
- [8] 黄云凤,张珞平,洪华生,等.小流域氮流失特征及其影响因素[J].水利学报,2006,37(7):801-806.
- [9] 张玉珍.福建盆谷型农业小流域氮磷流失模式分析[J].福州大学学报(自然科学版),2007,35(4):641-645.
- [10] 张兴昌,邵明安.黄土丘陵区小流域土壤氮素流失规律[J].地理学报,2000,55(5):617-625.

## The Output Characteristics of Nitrogen in Jianshanhe Watershed of Yuxi

SHAO Zhi, ZHAO Yong-bin, LI Hong-bo, WANG Fang

(Yunnan Hanlong Environmental Protection Technology Co., Ltd, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** The research is carried out to study the characteristics of the nitrogen loss in the surface runoff through monitoring the runoff under different land uses in Jianshanhe Watershed of Chengjiang. It shows that with increasing rainfall, the concentration of total nitrogen and ammonia nitrogen in the runoff are clearly rising up. Under the same conditions of the precipitation, the annual average concentration of the total nitrogen output for different land uses are as follows: farmland: 7.955 mg/l, plantation: 7.4886 mg/l, secondary forest land: 6.9836 mg/l, shrub and grass land: 4.5188 mg/l. The annual average concentration of the ammonia nitrogen output is as follows: farmland: 0.8474 mg/l, plantation: 0.7286 mg/l, secondary forest land: 0.6514 mg/l, shrub and grass land: 0.4782 mg/l. The concentration of total nitrogen and ammonia nitrogen in the farmland is the most, followed by the plantation, and the secondary forest land is even less. The results also show that the water and soil are effectively conserved by the shrubs and the taller plants in the secondary forest, thus these lands produces less nitrogen.

**Key words:** total nitrogen; ammonia nitrogen; small watershed; output characteristics; Jianshanhe; Yuxi

## 《环境科学导刊》 征稿简则

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

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

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

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

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

《环境科学导刊》编辑部



# 利用微生物菌剂净化城市河道水质试验研究

吴文卫<sup>1</sup>, 杨逢乐<sup>1</sup>, 李转寿<sup>2</sup>

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 通海县环境保护局, 云南 通海 652700)

**摘要:** 在无外加碳源的静态试验条件下, 用4种微生物菌剂进行水质净化效果研究。结果表明: 4种微生物菌剂对水中氮磷的降解效果明显, 但对COD的降解效果不甚理想; 对TN及NH<sub>3</sub><sup>+</sup>-N的去除效果, 脱氮菌显著大于复合芽孢杆菌和硝化细菌; 4种微生物菌剂投至水体中其微生物菌群均在7d左右开始进入衰亡期。

**关键词:** 微生物菌剂; 模拟河道; 水质净化; 试验

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0063-03

目前利用微生物进行污染水体的原位修复已经成为水体污染治理技术发展的主流<sup>[1]</sup>, 其过程主要依赖于被污染水体微生物的自然降解能力或人为创造的适宜微生物降解的条件, 一般采用经过人为驯化和培养的微生物以及商品化的适宜微生物菌剂以强化污染物的微生物降解能力<sup>[2-3]</sup>。复合菌剂修复技术是通过投加具有特定功能的微生物来强化对目标污染物的去除, 具有投资少、见效快等特点<sup>[4]</sup>, 其应用前景较为广阔。因此, 本研究选取4种微生物菌剂在无外加碳源条件下, 对净污效果进行研究, 为其直接应用于污染水体原位修复提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 试验用水及微生物菌剂

试验用水: 采集于昆明市新运粮河河道原水。

试验用微生物菌剂: 目前市场上所售的4种微生物菌剂, 即进口的液体菌剂1号(复合菌主要包括枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌等好氧有益菌)、液体菌剂2号(复合菌主要包括枯草芽孢杆

菌和地衣芽孢杆菌等好氧有益菌)、国产的固体菌剂1号(硝化细菌)和固体菌剂2号(脱氮菌)。

#### 1.1.2 试剂及仪器

试剂: 试验所用试剂均为市售分析纯或优级纯。

仪器: 紫外分光光度计(UV-2401型, 日本岛津), 722可见光分光光度计(上海第三分析仪器厂), 美国哈西便携式溶解氧仪(上海思纳电子有限公司), 便携式pH计(深圳泰瑞特科技公司)。

## 1.2 方法

### 1.2.1 试验方法

本试验为静态试验, 试验用水为新运粮河(秋苑小区段)河水, 其水质情况见表1。试验共设置4组实验组, 即对照组(未使用微生物菌剂), 投微生物菌剂组(分别使用液体菌剂1号、液体菌剂2号、固体菌剂1号及固体菌剂2号, 其菌剂投加量均为5%)。试验装置为底部铺设曝气软管的有效容积为50L的塑料桶。试验用水体积为45L, 采用连续曝气。

表1 河水水质

							(mg/L)
DO	pH	NH <sub>3</sub> -N	TN	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TP	COD <sub>Cr</sub>
5.52	7.44	46.250	37.176	0.081	0.943	5.910	68.00

收稿日期: 2012-10-29

基金项目: 国家水污染控制与治理重大专项(2009ZX07102-003); 云南省社会发展科技计划项目(2010CA001)。

作者简介: 吴文卫(1979-), 男, 安徽安庆人, 工程师, 研究方向: 水污染控制与生态修复。

### 1.2.2 样品采集

从投菌开始计时(2011年4月13日), 每隔2d从静态试验装置中取水样1次, 每次均在试验的上部、中部和下部固定位置取混合水样, 以消除

抽样误差。

### 1.2.3 测定指标及方法

试验水样分析项目及测定方法： $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  为纳氏试剂光度法（GB/T7479 - 1987）；TN 为碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法（GB/T11894 - 1989）；TP 钼酸铵分光光度法（GB/T11893 - 1989）； $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为重铬酸盐法（GB/T11914 - 89）；溶解氧（DO）为美国哈西便携式溶解氧测定仪测定；pH 为便携式 pH 计测定。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 微生物菌剂对氮的去除效果

(1) 从试验开始至第6d 期间（图1），各试验组 TN 浓度均呈下降趋势，其中投加微生物菌剂的试验组下降趋势较对照组明显。至第6d，投加微生物菌剂的试验组 TN 浓度达到最低值，而对照组的 TN 浓度开始达到稳定状态；此时，对照组、液体菌剂1号、液体菌剂2号、固体菌剂1号及固体菌剂2号对 TN 的去除率分别为 35.17%、48.47%、51.53%、52.71%、53.89%。至第8d，投加微生物菌剂各试验组 TN 浓度出现上升，并开始达到稳定状态，此时，对照组、液体菌剂1号、液体菌剂2号、固体菌剂1号及固体菌剂2号对 TN 的去除率分别为 34.37%、38.47%、40.40%、45.80%、50.70%，说明投加微生物菌剂能有效地去除水体中的 TN，但固体菌剂2号的去除效果好于其它微生物菌剂。

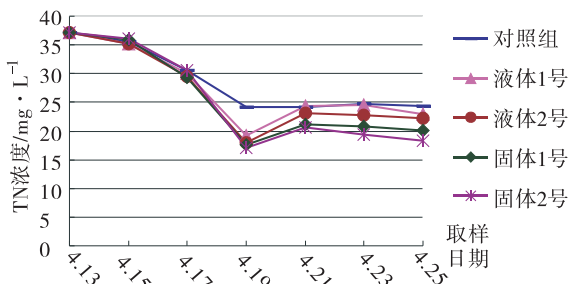


图1 TN浓度随时间变化

(2) 在试验期间（图2），各试验组  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  浓度随试验时间的延长均呈波动下降趋势。其中，从试验开始至第6d 内，各试验组  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  浓度呈大幅下降，此时  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  的平均去除率达到 30.63%；至第8d，投加微生物菌剂的各试验组的  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  浓度基本处于平稳态，而对照组  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  浓度波动仍相对较大，此时，对照组、液体菌剂1号、液体菌剂2号、固体菌剂1号以及固体菌剂2号

各试验组  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  去除率分别为 33.62%、35.59%、35.73%、43.85%、45.53%，说明投加微生物菌剂能有效地去除水体中的  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$ ，但固体菌剂2号的去除效果好于其它微生物菌剂。

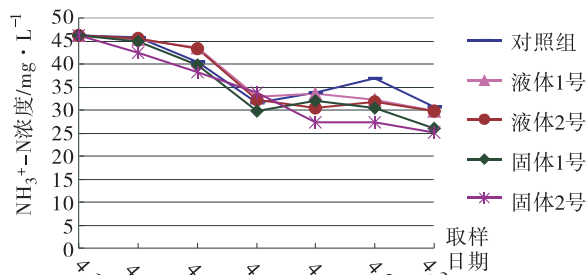


图2  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$ 浓度随时间变化

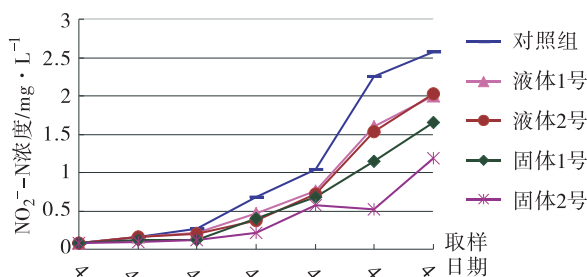


图3  $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度随时间变化

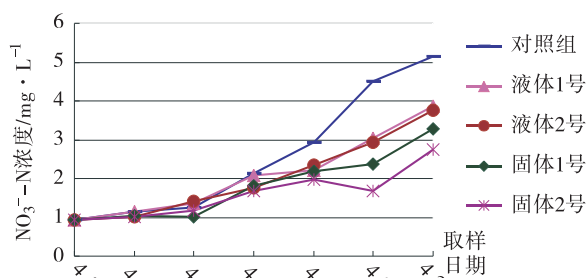


图4  $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度随时间变化

(3) 在试验期间，各试验组  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度变化趋势基本一致，均随试验时间的延长表现出逐渐上升的趋势，这是由于在较高的溶解氧（DO）浓度下（3~6mg/L），氨化作用与硝化作用同步进行，因此该区间内出现  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  快速积累现象，表明硝化速率大于氨化速率<sup>[5]</sup>。试验开始阶段（图3，图4），由于微生物菌剂中微生物处于复活阶段，其活性相对较低，其氨化过程较为缓慢，各试验组中  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度升高较为缓慢。试验至第8d，由于微生物活性增加且在连续曝气的情况下，水中溶解氧含量升高，pH 升高至偏碱性，硝化细菌数量及其活性增加<sup>[6-7]</sup>，各水样的  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度均升

高, 并出现小部分的累积; 至实验结束, 与投加微生物菌剂的试验组相比, 对照组的  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度相对较高, 累积现象相对明显, 说明投加微生物菌剂有利于提高  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的转化速率, 其中, 固体菌剂 2 号的试验组中  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度最低, 转化速率最高。

(4) 4 种微生物菌剂中微生物菌群在 7d 左右开始进入衰亡期。因此, 微生物菌剂用于长期处理或工程上, 投加该微生物菌剂进行调水改水后 7d 左右应补充一次, 以使水体中微生物的数量及活性维持在一定的水平, 从而保持良好的水质状况。

### 2.2 微生物菌剂对 TP 的去除效果

在试验初期 (0 ~ 4d), 各试验组中 TP 浓度随着试验时间的延长均表现出持续下降的趋势, 且下降较快 (图 5); 至第 4d 开始, TP 浓度下降较为缓慢; 至第 8d, 各试验组中 TP 浓度基本趋于稳定, 此时对照组、液体菌剂 1 号、液体菌剂 2 号、固体菌剂 1 号及固体菌剂 2 号对 TP 的去除率分别为 64.84%、66.08%、67.34%、68.79%、73.92%, 说明投加微生物菌剂能有效去除水体中的 TP, 且固体菌剂 2 号的去除效果好于其它微生物菌剂。

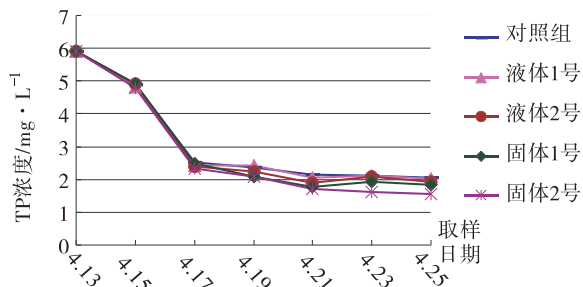


图5 TP浓度随时间变化

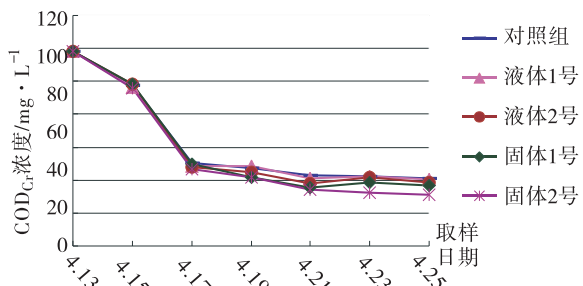


图6  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 浓度随时间变化

### 2.3 微生物菌剂对 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 的去除效果

在试验过程中 (图 6), 各试验组  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度

变化趋势基本一致; 试验至第 4d, 各试验组  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度变化均呈上升趋势; 至第 8d, 各试验组  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度呈下降趋势; 至试验结束时,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的浓度与试验前基本无变化, 说明所选用的 4 种微生物菌剂不能有效去除水体中的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 。

### 3 结论

(1) 试验期间, 试验水样的恶臭气味去除, 水质由灰黑色变为绿色, 试验备选的 4 种微生物菌剂对水中的氮磷降解效果明显, 其中:  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  的平均去除率为 40.25%, TN 的平均去除率为 43.84%, TP 的平均去除率为 69.03%, 很大程度削减了水中的污染物, 但对于水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的降解效果不甚理想。

(2) 固体菌剂 2 号 (脱氮菌) 对水样中 TN 及  $\text{NH}_3^+ - \text{N}$  的去除率, 显著大于进口的液体菌剂 1 号、液体菌剂 2 号和固体菌剂 1 号 (硝化细菌)。

(3) 从试验结果可知, 在投加微生物菌剂 1d 后开始产生效果, 并持续至 6 ~ 8d, 氨氮、总氮及总磷浓度基本不再变化, 亚硝酸盐氮和硝酸盐氮浓度呈上升趋势, 推测此时水体中该微生物菌群 7d 左右开始进入衰亡期。因此, 用于长期处理或工程上, 投加微生物菌剂进行调水改水后 7d 左右应补充一次, 以便使微生物数量维持在一定的水平, 从而保持良好的水质状况。

#### 参考文献:

[1] Madsen E L. Determining in situ biodegradation: facts and challenges [J]. Environ · Sci · & Technol · , 1991, 25 (10): 1663 - 1672.

[2] 李继洲, 胡磊. 污染水体的原位生物修复研究初探 [J]. 四川环境, 2005, 24 (1): 1 - 3.

[3] A S Allard, A H Neilson. Bioremediation of organic waste sites: a critical review of microbiological aspects [J]. Int. · Bioremediation & Biodegradation, 1997, 25 (39): 253 - 285.

[4] Scully C, Collins G, O' Flaherty V. Anaerobic biological treatment of phenol at 9.5 - 15 °C in an expanded granular sludge bed (EGSB) - based bioreactor [J]. Water Res, 2006, 40 (20): 3737 - 3744.

[5] 伦琳, 郑正, 张继彪, 等. 改进型曝气生物滤池对生活污水氮去除的影响 [J]. 环境工程学报, 2010, 5 (4): 1017 - 1022.

[6] 沈萍. 微生物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[7] 周德庆. 微生物学教程 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

(下转第 108 页)

# 水体砷污染控制与治理技术研究

任 婧<sup>1</sup>, 金雪莲<sup>1</sup>, 夏 峰<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 分析了水体砷污染来源及危害, 总结了水体砷污染的控制途径以及水体砷污染的治理方法, 对水体砷污染进行了展望。

**关键词:** 水体; 砷污染; 控制与治理; 技术; 研究

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0066-04

砷 (As), 作为元素周期表中知名的化学元素, 它以极强的毒性严重危害人类的健康从而在近年来引起社会的广泛关注。在自然界中, 砷的分布较广, 多是以硫化物的形式存在于岩石或者砷矿中, 也有一些以其他化合物形式存在于金属矿中。固态的单质砷是没有毒性的, 但是其三价化合物, 即俗称砒霜, 有剧毒。砷存在多种同素异形体, 在自然界中更为广泛存在着砷化物和砷酸盐化合物。砷可通过与蛋白和酶的巯基的相互作用 (使蛋白质和酶在细胞内变性) 以及增加细胞内的活性氧簇引起细胞损伤而产生毒性<sup>[1]</sup>。同时, 煤炭中也可能含有砷元素, 砷可以以硫化物的形态与金属类矿石共生, 上百种矿物矿石被证实是含有砷的。

砷作为一种常见的工业农业原料, 大量应用在杀虫剂等产品中, 造成了严重的砷污染。我国近几年发生多起砷中毒的情况, 越来越多的学者致力于砷的研究。

## 1 水体砷污染来源及危害

### 1.1 水体砷污染的来源

水体砷污染来源于工业“三废”、农业生产活动和自然界的火山喷发、岩石风化等现象。

(1) 工业“三废”。工业排放的“三废”是水体砷污染来源的主要途径。工业企业特别是含砷原矿采选业和冶炼行业的生产活动过程中产生的废水、废气和工业废渣, 在没有进行处理的情况下或处理未达标排放情况下, 生产废水外排进入地表水体, 导致地表水体中砷浓度超标, 从而污染地表水体; 含砷废气外排至大气环境中, 随空气扩散沉降

至地表, 雨季, 随地表径流进入地表水体, 经过物理、化学作用富集, 使地表水体中砷浓度超标, 导致污染; 工业企业所产生的含砷废渣, 废渣堆场防渗措施不到位的情况下或缺乏定置管理的情况下, 散堆于企业周边, 雨季受雨水冲刷, 工业含砷废渣通过纵向和横向运动, 横向随地表径流进入地表水体, 纵向通过下渗进入地下水环境, 导致地下水水质受到影响。

(2) 农业生产活动。农业生产活动中, 为防止农作物病虫害的影响, 会使用如稻脚青、稻宁、田安、甲基硫磷等有机砷农药, 从而造成大面积的面源污染, 使含砷农药进入地表水体, 对地表水水质造成影响。

(3) 自然现象。在自然环境中, 含砷物质会伴随火山喷发和岩石风化等自然现象扩散, 进入地表水体中, 从而对地表水体水质造成影响。

在水体砷污染来源中, 工农业生产活动是造成水体砷污染的主要原因。近年来, 在我国发生的几起重金属污染水源事件, 如阳宗海砷污染<sup>[3]</sup>、湖南岳阳砷污染、河南民权砷污染事件等<sup>[4]</sup>, 使得人们对水源安全问题越来越重视, 水源水砷污染和砷中毒问题也越来越受到人们的关注。

### 1.2 水体砷污染的危害

水污染中, 砷及其化合物所引起的中毒事件在我国是处于首位的。通过废水和农药等途径进入水体中的砷可以累积后进入农作物组织, 食物链可以从水生的生物体中获得砷及其化合物。人体在大气、水、食物的引导下将会接触到砷。砷在水中主要有三价和五价两种存在形式。固态的金属砷单质不含毒性, 并且不溶于水。但砷的三价化合物对细胞具有强毒性 ( $As_2O_3$  俗称砒霜)。三价砷在人体内可以与蛋白质的巯基结合, 产生的物质将抑制细

收稿日期: 2012-11-26

基金项目: 国家科技重大专项 (2010ZX07212-007)。

作者简介: 任婧 (1986-), 女, 云南文山人, 硕士生在读, 研究方向: 水体重金属污染修复。

通讯作者: 夏峰 (1964-), 男, 正高工。

胞呼吸,也会阻碍线粒体呼吸作用,从而使人中毒。五价的砷化物会使人慢性中毒,但在体内将被转化为剧毒三价砷离子。砷化合物可通过呼吸道、食道和皮肤接触进入人体,进入人体的三价砷化合物能和巯基作用,抑制蛋白酶的活性并致癌;而五价砷其结构类似磷化合物,能干扰人体代谢<sup>[5-7]</sup>。由于砷污染引发的中毒现象在世界上有很多案例,比如说英国的曼彻斯特城市在1900年时,发生了饮用含砷葡萄糖发酵的啤酒的中毒事件,导致1000人死亡,7000多人急性中毒;日本在1955年森永奶粉中毒事件也是个显著的例子,因砷污染造成了130人死亡,1200多人中毒。日常摄入少剂量的砷元素,会引起慢性砷污染中毒,这种中毒在短时间内是没有表现的,只有在十多年后或者几十年后才会发病。慢性砷污染中毒的表现是神经遭到损坏,引起末梢神经炎症。如何来判断一个人是否发生了慢性砷污染中毒,通常是检测头发,若头发里面含有>3mg/L的砷,就可以初步地确诊为慢性砷中毒。此外,慢性砷污染还会发生突变作用,容易导致畸形。

水体砷污染不仅给人体带来严重的危害,对植物也有很大的危害。植物的生长离不开砷元素,但元素浓度过高时,会对植物生长起抑制作用。砷通过限制植株内部水分的正常运行,阻碍植物吸收水分及其他营养,从而影响植物的正常生长。除此以外,砷对植物的叶绿素也有严重影响。因此,研究水质除砷技术,对含砷废水处理、饮用水净化及水体砷治理有着现实意义。

## 2 水体砷污染的控制

对砷及其化合物的治理是水体污染治理的一项重要工作。当前的治理方法主要是防范措施,即控制工业农业生产中的砷及其化合物进入环境。现行的措施有:减少含砷农药使用量;开发新产品,降低含砷化合物的毒性;治理含砷烟气、烟尘。

较为传统的化学沉淀法是利用砷能与金属离子形成难溶盐的性质,如 $\text{Fe}^{3+} + \text{AsO}_4^{3-} = \text{FeAsO}_4$ ,在较高pH值下生成难溶的盐。同时还可以采用砷酸钙法,这种方法是采用特殊的沉淀剂如铁盐、石灰或高分子絮凝剂等,使砷及其化合物沉淀下来,从而从废水中去除。除此以外,还可采用硫化砷法<sup>[8]</sup>,这种方法是利用砷及其化合物与硫化物作用后将产生沉淀的性质去除砷及其化合物。

上述的除砷方法都是较为传统的,存在一些不足和缺点。如砷酸钙法需要大量石灰以达到除砷目

的,回收砷及其化合物时有较大困难。砷酸钙在一些情况下会溶解在水中,可能发生反应后再次对水体造成污染。此外,这些除砷的方法往往对pH值有较为严格的要求,产生该pH的环境本身就很恶劣。

除此以外,对高砷土壤的处理也是很有必要的。为了有效地控制土壤中砷分解,我们可以通过放入铝或者铁等盐类来将砷元素吸附,同时放入氯化镁也是一种选择,这主要是因为放入氯化镁后生成难溶盐。

## 3 水体砷污染的治理研究

### 3.1 离子交换除砷

离子交换技术就是指将树脂上的离子和含砷废水中的砷离子进行交换,从而去除废水中的砷。由于砷在水体中大多数情况下是以阴离子的形式存在的,可以使水体中的砷离子与树脂中阴离子进行交换,从而方便大量地去除水体中的含砷化合物。本技术方法对于原水水质的质量有较高的要求,适合处理离子成分较单一的饮用水和工业用水。处理水质较差的污水时,原料的消耗过大。因此,当前所采用的离子交换的技术在处理含有多种离子污染的水体时具有一定的局限性。

### 3.2 选择透过性膜过滤除砷

因为膜具有选择透过性的性质,可通过膜把砷离子过滤在外。其实现方法可以借助压力等方式,将含有砷离子的污染物与水分子分离。只要含砷的污染物的粒径大于膜孔径,那么含砷污染物就可以从水中分离开来。当前膜的种类:较低精度的膜有微滤膜、超滤膜;更加精密的膜有纳滤膜、反渗透膜。由于三价砷的粒径比较小,其过滤效果通常远不如五价砷,所以经常需要对三价砷进行氧化处理。同时特定范围内粒径的膜的制作要求条件很高,成本和工艺都相对昂贵和复杂。

### 3.3 电渗析除砷

半透膜只允许水体中的单一种电性的离子通过,而另一种电性的离子将不能通过。在电场力的作用下,废水中的阴阳离子会向着两级方向移动,由于两张半透膜限制阴离子和阳离子中的任何一方通过,这样就达到了分离含砷化合物的目的。但是该技术有着一些不可忽略的缺点,如耗电量大、腐蚀设备、费用大等,经济成本较高。所以,该项技术多应用在物质的净化方面。对水体中砷污染的处理还处于研究开发阶段。

### 3.4 光能催化除砷

光能可以被光催化剂吸收,吸收的光能将用来

进行氧化作用,氧化三价的砷离子。因为催化剂在反应中是不会被消耗的,所以理论上可以永久使用并且快速反应。在对水体催化处理之后,配合其他的除砷方法可以有效地除去三价砷离子。相关试验表明,光催化具有较复杂的反应过程,而且反应的容器或者进行操作的条件会大大影响到除砷的功效率。同时当前所应用的多是通过光催化剂进而吸收紫外光从而释放出催化氧法,在吸收可见光方面还不成熟。

### 3.5 吸附材料除砷

含砷污染物与吸附材料相互作用后,从水中脱离出来。吸附效果依赖于吸附材料的性质,如表面积的大小和有效吸附位点的密度,表面积越大,有效吸附点密度越大,吸附的效果就会越好。活性氧化铝就是一种常用的吸附材料,因其多孔性高分散度、大比表面、适当的吸附力而成为目前较多采用的物质<sup>[3]</sup>。其他的主要吸附材料有活性铁粉或赤铁矿,像活性炭和贵州红土这种常见的物质也有一定吸附作用,可以用作吸附材料<sup>[4]</sup>。这些吸附材料目前看来是相对经济适用的,并且吸附过程比较简单易行,不需要复杂的工艺和高昂的投入,可以有效处理复杂的污染水体。这种方式还有一些需要克服的技术问题,如吸附材料对环境可能产生危害的问题,吸附后的砷与吸附材料还要进行分离,吸附材料的后续回收利用等,当然这些也正是我们需要研究的课题,只要有效地解决这几个问题,使用吸附材料处理水体砷污染的方法必将成为今后可行的治理方法。

### 3.6 中和氧化除砷

在水中,亚砷酸钙具有较高的溶解度,从而可以通过石灰中和法去除废水中的砷,但是要注意的是,处理三价砷废水的时候,首先要将三价砷氧化为五价的砷,这样才能进行操作。最常见的是漂白粉氧化法:先将漂白粉加入废水中,调整石灰乳的pH值,pH值为11.0是最佳的,然后将三氯化铁加入其中,这样就可以满足排放砷的标准。此外,软锰矿法也是一种可行的方法:运用软锰矿(即天然的二氧化锰)将三价砷氧化为五价砷的过程中,软锰矿本身的四价锰被还原为二价锰,所形成的硝酸锰,溶解度非常小,而且软锰矿还是一种较好的天然吸附剂。

### 3.7 生物除砷

微生物可以与水体中的各种物质相互作用,其中也包括水体中的砷及其化合物。国际上目前对于

砷的污染物与微生物的研究主要分为直接作用和间接作用两种不同的机理。前者是指微生物对砷或者其化合物直接进行吸收的方式,虽然砷是一种剧毒的物质,但是也会有少量的某种生物能够吸收砷及其化合物,将三价的砷离子氧化。后者是指利用生物酶的作用,微生物产生的酶有多种并且性质差异很大,可以利用酶与砷及其化合物的反应除去水体中的三价砷<sup>[5]</sup>。利用微生物解决水体砷污染的方式,是一种从自然生物的角度出发的化学反应技术,这种技术具有环保、无污染的特性,目前正是国内国外学者研究的热点。

### 3.8 小结

采用化学方法除砷,具有投资少、操作简单、灵活的优势,它比较适合处理砷含量较高的废水,尤其是对于经济发展水平不高的地区,具有很好的经济效益。不足的是,采用化学方法会产生、运用到大量的沉淀剂,从而会产生对环境有危害的含砷废渣,如果这些废渣得不到有效处理,就会对环境带来二次污染。物理化学法(如离子交换法、吸附法等)在投资方面和处理费用方面都需要花费较高的成本,适合处理砷含量不高的废渣。生物除砷法具有费用低、污染小等优势,还可以将水中的有机物去除。

## 4 展望

工业农业日益发展的今天,各种污染随之而来,水体砷污染也走入人们的视野。近年来,我国水体砷污染中毒的事件屡有发生,引起了国内外的广泛关注。越来越多的人投入到水体砷污染的治理与防范中来,目前国内的研究主要针对传统沉淀技术的改进、吸附方法的改进、研究多种技术结合的新型治理方法、生物方法等<sup>[6]</sup>。

传统的化学沉淀方法利用砷与金属离子作用形成难溶盐的原理除砷,而新型的沉淀方法的突破点则是着重寻找稳定的沉淀剂,避免二次环境污染。稳定、环保的沉淀方法需要相应的新型沉淀剂,如采用FeAsS作为反应物,它是一种较为成功的尝试试剂,在目前的研究中已经初见成果。它的稳定和环保性能让研究者找到研究的方向。

吸附方法,如前文所述需要注意吸附材料的后续处理和污染解决。为了改进吸附材料的性能,研究者主要研究的是不用吸附材料的pH值的作用下的不同效果,研究表明此种方法有望实现砷及其化合物的资源收集。

仍有诸多学者致力于多种技术相结合的方式,

渴望找出低污染、高性能的新型治理技术。当前的研究热点集中在膜技术与其他技术的结合方式。尝试增大水体中砷及其化合物的颗粒大小,可以确保在适当的粒径的膜的阻隔下分离除去砷。

对砷及其化合物的富集回收是目前研究的一个热点,运用微生物与砷的作用可以达到这个效果。生物对砷的适应程度有所不同,通过研究和改造选择对砷及其化合物适应能力强的生物,对砷及其化合物进行吸收或者使其沉淀下来,可以达到净化水体的目的。运用这种生物技术的方法除砷将是非常环保无害的。

砷成为工农业生产中不可缺少的原料,为了有效地控制砷污染,应该从源头上考虑解决方法,即要求各生产商严格控制使用量,最大限度地降低使用该原料,同时要致力研究出可以取代该原料的其他对环境无污染的原料,清洁生产。

从目前的研究程度来看,为了更好地解决水体砷污染的问题,解决之前国内低效的用水稀释砷及其化合物污染的水体的情况,仍然需要不断开发和完善技术,并努力合理地在不损害环境的前提下将砷及其化合物资源化。而其他问题,诸如水体砷污染的检测,工业农业水体排放的管理机制仍是有待建立的,今后有待解决的水体砷污染课题还有很多。

#### 参考文献:

- [1] 张永忠, 郭雄. 砷的地球化学与健康 [J]. 国外医学地理分册, 2007, 28 (2): 49 - 55.
- [2] Xin Zhang, Ying Hu, Yunxia Liu, et al. State key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco - Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China. Arsenic uptake, accumulation and phytofiltration by duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.) [J]. Journal of Environmental Sciences, 2011, (4).
- [3] 齐剑英, 许振成, 李祥平, 等. 阳宗海水体中砷的形态分布特征及来源研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, (20).
- [4] 尹鸿伟. 阳宗海砷污染迷雾不散 [J]. 社会双周刊, 2009, 4 (2): 11 - 24.
- [5] Itziar A, Javier H A, Carlos G. Plants against the global epidemic of arsenic poisoning [J]. Environment International, 2004, (30): 949 - 951.
- [6] Xia Y, Liu J. An overview on chronic arsenism via drinking water in PR China [J]. Thxicology, 2004, 198 (1 - 3): 25 - 29.
- [7] Sun G. Arsenic contamination and arsenicosis in China [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2004, 198 (3): 268 - 271.
- [8] 王勇, 曹龙文, 罗园, 等. 硫酸装置含砷废水处理及三氧化二砷制备 [J]. 硫酸工业, 2010, (4): 21 - 25.
- [9] 郭恒萍. 冶炼含砷污染与酸性含砷废水处理试验及应用研究 [D]. 西安: 长安大学, 2010.
- [10] 唐敏. 砷污染土壤萃取修复技术研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2011.
- [11] 刘玲. 砷污染土壤中砷氧化菌的筛选 [D]. 广州: 广东工业大学, 2007.
- [12] 彭云辉. 含砷硫酸生产废水的治理研究 [D]. 武汉: 武汉科技大学, 2002.
- [13] 赵兴敏, 董德明, 花修艺, 等. 污染源附近农田土壤中铅镉铬砷的分布特征和生物有效性研究 [J]. 农业环境科学学报, 2009, (8).
- [14] 李磊, 袁骐平, 仙隐沈, 等. 东海沿岸海域牡蛎体内的重金属含量及其污染评价 [A]. 2010 年中国水产学会学术年会论文摘要集 [C]. 2011.
- [15] M. Azizur Rahman, Hiroshi Hasegawa, Richard Peter Lim. Bio-accumulation, biotransformation and trophic transfer of arsenic in the aquatic food chain [J]. Environmental Research, 2012, 116 (7): 118 - 135.
- [16] Nathalie Marchiset - Ferlay, Chantal Savanovitch, Marie - Pierre Sauvart - Rochat. What is the best biomarker to assess arsenic exposure via drinking water [J]. Environment International, 2012, 39 (1): 150 - 171.
- [17] Jochen Bundschuh, Marta I. Litter, One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries [J]. Science of The Total Environment, 2012, 429 (1): 2 - 35. nology and Environmental Safety, 2012, 80 (1): 126 - 131.
- [18] A. B. M R. Islam, Jyoti Prakash Maity. Arsenic mineral dissolution and possible mobilization in mineral - microbe - groundwater environment [J]. Journal of Hazardous Materials, 2012, 77 (14): 112 - 113.

## Arsenic Pollution Control and Treatment Technology in Water

REN Jing<sup>1</sup>, JIN Xue-lian<sup>1</sup>, XIA Feng<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201 China)

**Abstract:** This paper analyzes the sources and hazards of the arsenic contamination in water, and sums up the pathways to control it and its treatment technology. The prospect of the arsenic contamination of water is also given.

**Key words:** water body; arsenic contamination; control and treatment; technology; research

# 玩具行业清洁生产潜力分析及实施办法研究

郑定成<sup>1</sup>, 戴 琴<sup>2</sup>

(1. 河源职业技术学院, 广东 河源 517000; 2. 河源市清洁生产中心, 广东 河源 517000)

**摘要:**从能源消耗、有机废气污染、可持续发展几个方面, 分析了我国玩具行业推行清洁生产的紧迫性。通过几家玩具企业开展清洁生产审核过程中的研究和经验总结, 指出注塑机能耗高、有机废气污染严重、非清洁能源的使用是玩具行业存在的主要问题。针对存在的问题, 提出了注塑机的节能改造, 有机废气源头控制, 以及清洁能源替代非清洁能源的使用等清洁生产措施。并从注塑机变频器的使用, 注塑机炮筒加热方式的改造, 注塑机余热的回用等方面详细分析了注塑机节能改造的思路和方法。

**关键词:**玩具行业; 清洁生产; 潜力分析; 措施

**中图分类号:** X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0070-03

清洁生产是以“节能、降耗、减污、增效”为目标, 以科学管理和科学技术为手段, 实施工业生产全过程控制污染, 使污染物的产生和排放量最小化的一种综合性措施<sup>[1]</sup>。随着清洁生产的深入开展, 世界各国在实践中不断开辟新的领域<sup>[2~4]</sup>, 虽然目前还没有成熟的玩具行业清洁生产的指标体系和技术规范, 但是完全可以借鉴其他行业清洁生产的成功经验, 引入清洁生产理论, 推行玩具行业的清洁生产, 从根本上预防和减少对环境的污染, 保证环境质量持续不断地改善。本文从清洁生产的角度, 以广东省某市部分玩具厂为实例, 分析玩具行业普遍存在的问题, 提出相应措施, 为玩具行业开展清洁生产审核工作提供参考, 为玩具行业的管理者和操作者提供一些提高企业经济效益和环境效益的方案。

## 1 玩具行业实施清洁生产的紧迫性

我国玩具行业从 20 世纪 80 年代后发展起来, 发展至今已成为世界上最大的玩具制造商和出口国, 全球 70% 的玩具是在我国境内制造的, 然而我国玩具业却也面临着能源消耗高、环保水平低、可持续发展能力差等问题, 这决定了玩具行业实施清洁生产的紧迫性。

### 1.1 实施清洁生产是节约能源的必要途径

目前全国注塑机保有量超过 80 万台, 一年正常工作消耗的电量超过 2100 亿 kW·h, 而三峡电站一年的发电量也不过 1000 多亿 kW·h, 全国注塑机一年正常工作消耗的电量超过两个三峡电站的发电量<sup>[5]</sup>。对国内玩具企业而言, 一般注塑机的

耗电量占企业总耗电量的 50%~70%, 占生产成本的 6%~9%。所以说如何有效地利用电能, 成为衡量一个企业是否为环保企业的一个标准, 也是决定该企业的产品竞争力的一个重要因素。伴随着我国制造业的飞速发展, 国家电力供应日趋紧张, 使得高耗能的产业出现用电受限的局面, 这种局面还将维持很长一段时间<sup>[6]</sup>, 所以能源过度消耗不仅带来了巨额的经济费用, 也影响着生产的持续开展。

### 1.2 实施清洁生产是缓解环保压力的需要

目前, 玩具行业在喷漆工序使用的溶剂型油漆和在移印工序使用的印油, 都含有苯、甲苯、二甲苯、甲醛等物质, 在使用过程中易以气态形式挥发到空气中, 其中喷漆工序产生的有机废气的量很大。苯、甲苯、二甲苯、甲醛等有机废气已被世界卫生组织确定为强烈致癌物质, 近年来成为环保关注的一个重要问题, 部分发达城市已经开始明令禁止喷漆工序的增加, 所以环保的压力也使得玩具行业急需开展清洁生产, 从源头上减少污染的产生。

### 1.3 实施清洁生产是走可持续发展道路的必由之路

玩具行业的快速发展促进了经济的发展, 但也带来了环境的污染, 与我国坚持可持续发展的道路相违背。随着环保法律法规的逐渐完善, 玩具行业法规标准要求也更加严格, 对玩具产品的要求也更加苛刻, 在愈加严峻的形势下, 玩具企业必须走信息化和生态化紧密结合的循环经济可持续发展道路, 按照“绿色工艺”和“清洁生产”的要求运转和经营, 提高资源和能源综合利用率, 控制气态污染物排放, 才能从根本上解决长期以来环境保护和经济发展之间的冲突。

收稿日期: 2012-09-09

作者简介: 郑定成 (1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事环保教学及清洁生产工作。



## 2 玩具行业存在的清洁生产问题

广东省某市约有4家已开展清洁生产审核工作的玩具企业，以生产塑料、合金玩具为主，玩具行业基本工艺流程见图1。

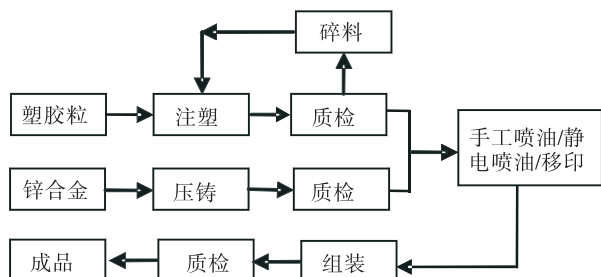


图1 玩具行业基本工艺流程

### 2.1 注塑机能耗过高

注塑机是玩具行业最为重要的设备之一，注塑成型的过程是将粒状或粉状塑料从注射机的料斗送进加热的料筒中，如图2所示，经加热熔化呈流动状态后在柱塞或螺杆的推动下熔融塑料受压向前移动，进而通过料筒前端的喷嘴，以很快的速度注入闭合的模具型腔内，待冷却定型后即可获得所要求的塑料制品<sup>[7]</sup>。

该市开展清洁生产审核工作的玩具厂注塑车间电耗比重很高，达到全厂的50%~70%，经调查分析，主要有以下几点原因：

(1) 采用高压节流控制方式控制注塑机的液压系统的进油量

这些企业很多是采用我国自行研制生产的注塑机，该类注塑机90%以上是采用高压节流控制方式，这种控制模式存在很大的能量浪费。在实际工作过程中，注塑机的液压执行组件所需的流量并不是一成不变的，而是在一个工作周期内时大时小，有时几乎为零。当工作所需流量较小时，高压节流控制方式控制的油泵的供油量远远大于执行组件所需的油量，富余的处于高压状态的液压油全部经溢流阀流回油箱，一方面消耗大量的动力，另一方面液压油与管道摩擦产生大量的热量，导致液压油温升高，为降低油温，往往还需要增加冷却循环水，进一步浪费能源<sup>[8]</sup>。

(2) 采用电阻丝加热

在玩具行业生产中，注塑机需要广泛用到电加热，而该市玩具企业90%以上使用的是电阻丝加热，这种加热方式主要是靠接触传导来传递热能，只有紧靠在料筒表面内侧的热量才能传到料筒上，这样外侧的热量大部分散失到空气中，存在着热传导损失，并导致环境温度上升，热量利用率较低。

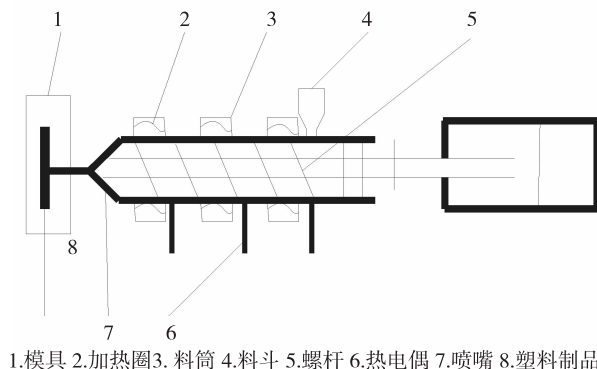


图2 注射成型及加热原理

### (3) 余热浪费严重

一方面采用电阻加热的注塑机，炮筒余热浪费严重，另一方面注塑机料筒排放的废气含有一定的余热和粉尘，无组织排放到车间，均没有得到有效回收，既浪费余热又污染车间环境。

### 2.2 有机废气排放量较多

该市玩具厂有机废气排放量较多的主要原因：一是喷漆工序的使用比例虽然在逐年降低，但是还占有一定量的比例，油漆挥发量大；二是喷漆工序自动化程度低，污染重；三是移印工序所占有的比例逐年加大，仍以传统的敞开式移印机为主，印油挥发量较大。

### 2.3 非清洁能源的使用

该市的玩具企业喷漆后，起干燥作用的固化炉，静电喷涂后，起烘干作用的烘干机，从开厂建设阶段开始均采用柴油作为能源，成本较高，污染较重。

## 3 玩具行业实行清洁生产的对策和建议

### 3.1 注塑机进行节能改造

(1) 采用变频器对注塑机液压系统的工作流量进行实时控制

根据注塑工艺要求的流量值对电动机进行转速调节，从而代替各种液压阀的调节，实现液压泵输出流量的无级调速，并可大量减少各种阀门的使用。由于液压油的工作流量与工作压力之间存在相应的对应关系，因此采用变频器控制液压泵的工作流量，可在不改变液压回路阻力的情况下，通过对流量的调节来达到对工作压力的调节<sup>[9]</sup>。

(2) 采用电磁加热

采用更节能环保的电磁加热，电磁加热通过电子线路板产生交变磁场，当用含铁质容器放置上面时，容器表面即切割交变磁力线而在容器底部金属部分产生交变的电流（即涡流），涡流使容器底部的铁原子高速无规则运动，原子互相碰撞、摩擦而产生热能，从而起到加热物品的效果。因为采用电

磁加热是铁制容器自身发热，所以热转化率特别高，最高可达到95%。

### (3) 增加余热回收装置

对于部分采用电阻发热方式又不适合进行发热装置改造的注塑机，采用对注塑机进行余热回收，也能达到节能的效果。现在一般有两种回收装置，一种是炮筒的余热回收，另一种是料筒的余热和废气回收装置。炮筒的余热回收装置主要包括集热罩、热风输送系统、热风自动补偿系统、冷风输送系统、自动电控系统、过滤装置。原理是炮筒上多余的热量在集热罩的收集下，被热风系统从料筒底部输送到料筒进行加热塑胶料，料筒的废气和余热经过滤系统过滤之后又进入集热罩被收集进行下一个循环。料筒的余热回收是料筒的余热不外排，单独进行回收，该装置更经济，也具有一定的节能效果。

### 3.2 有机废气的控制

清洁生产的思想是从源头上控制或者减少污染物的产生，要从源头上控制有机废气的产生，一是根据产品的具体情况，减少喷漆工序的使用比例，使用移印、静电喷涂等污染相对较少的喷涂方法；二是对产量较大的产品，采用自动喷涂线；三是改造传统的开放式移印机为封闭式移印机，移印工序印油挥发量可以减少约50%。

### 3.3 使用清洁的能源

清洁能源的使用，从长远发展来看，即可减少成本又可减少污染物的产生。玩具企业的烘干工序能源的使用，对输气管路能到达的地方，可采用天然气、石油气等气体燃料代替柴油的使用，对输气管路不能到达的地方，可采用电代替柴油的使用。烘干工序的主要成本是服务费用和燃料费用，虽然石油气和天然气的服务和设备的费用更高，但是相

比柴油，产生相同的热量，石油气和天然气的用量更低，价格更便宜，在大量长期使用的情况下，使用石油气和天然气的效益更好，而且几乎没有污染。

## 4 结语

由于玩具行业的能耗以及废气产生源均较集中，只有从源头上改进设备和过程控制，才能达到真正的降低玩具行业能耗，减少玩具行业有机废气排放的目的。因此，提倡清洁生产工艺、提高全行业技术水平、结合企业自身特点，真正将提高效益、减少污染作为企业的当务之急，才能使得玩具行业具有可持续发展的潜力和竞争力。

#### 参考文献：

- [1] 姜小东. 清洁生产与企业生产效益 [J]. 环境污染与防治, 2008 (3): 45-46.
- [2] Bezamaa A, Valeriab H, Correac M. Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile [J]. Journal of Cleaner Production, 2012, 26: 95-100.
- [3] Pedro A, Ochoa George. Cleaner production in a small lime factory by means of process control [J]. Journal of cleaner production, 2010, 18 (12): 40-43.
- [4] 叶新, 李汉平. 保障清洁生产审核取得成效的基本规范探讨 [J]. 环境污染与防治, 2010, (2): 106-109.
- [5] 沈朝晖. “海天”节能梦想: 节出一个三峡电站 [N]. 宁波日报, 2011-01-19.
- [6] 蓝钢杰. 变频器在注塑机节能中的应用 [J]. 变频器世界, 2005, (6): 103-105.
- [7] 段宏伟. 塑料注射成型机加热装置的热损耗分析 [J]. 农机化研究, 2005, 12 (3): 95-97.
- [8] 俞鸿斌. 变频器在注塑机调速系统中的节能分析及应用 [J]. 工程塑料应用, 2007, 35 (7): 68-71.
- [9] Mu W, Wu S. Application of the transducer in the injection molding machine [J]. Engineering Plastics Application, 2002, (7): 43-45.

## Analysis and Research of Cleaner Production Potential and Its Implementation in Toy Industry

ZHENG Ding-cheng<sup>1</sup>, DAI Qin<sup>2</sup>

(1. Heyuan Polytech Vocational College, Heyuan Guangdong 517000 China)

**Abstract:** The urgency of carrying out cleaner production in toy industry is discussed from the aspects of energy consumption, organic exhaust gas pollution and sustainable development. After the research and the review of the cleaner production auditing of several toy industrial enterprises, the main environmental problems are pointed out. They are the high energy consumption of the injection molding machine, serious pollution of the organic exhaust gas and the use of the non-clean energy. For that, the cleaner production measures are proposed such as renovation of the injection molding machine, source control of the organic exhaust gas and use of the clean energy. The suggestions are further put forward for the energy saving of the machine, like the use of the converter, changing the way of heating the gun barrel and recycling the exhaust heat.

**Key words:** toy industry; cleaner production; potential analysis; measures

# 我国 SO<sub>2</sub> 污染、危害及控制技术

曹冬梅

(十堰市应用科技学院, 湖北 十堰 442701)

**摘要:** 分析了我国大气中 SO<sub>2</sub> 的污染现状、来源及危害, 阐述了现阶段 SO<sub>2</sub> 防治技术。认为还应加强其他方面的管理, 如完善法律法规等。

**关键词:** SO<sub>2</sub>; 污染; 危害; 控制技术

**中图分类号:** X511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0073-02

我国 SO<sub>2</sub> 主要来源是燃煤, 占总排放量的 90% 左右。中国是世界上最大的煤炭生产国和消费国, 能源结构中煤炭占 80% 以上。随着我国工业经济的快速发展, 人口不断增长, 以煤炭为主的能源消耗大幅攀升。据专家预测, 21 世纪煤炭仍将是我国的主要能源。SO<sub>2</sub> 的大量排放已给我国的环境造成了严重污染, 甚至威胁着我们的生存, 控制 SO<sub>2</sub> 排放已经成为一项重要的工作。

## 1 SO<sub>2</sub> 污染概况

近几年, 随着国家对 SO<sub>2</sub> 污染的重视, 排放总量得到了一定程度的控制, 但仍处于较高的水平。2005 年全国 SO<sub>2</sub> 排放总量高达 2549 万 t, 2010 年 SO<sub>2</sub> 排放量为 2185.1 万 t, SO<sub>2</sub> 排放总量居高不下。2002 年, 在国家监测的 343 个城市中, SO<sub>2</sub> 平均浓度未达到国家空气质量二级标准的城市约占 22%, 城市 SO<sub>2</sub> 处于中度或严重污染状态。

表 1 2006 年世界主要国家 SO<sub>2</sub> 排放量 (千 t)

主要国家	SO <sub>2</sub> 排放量	主要国家	SO <sub>2</sub> 排放量
中国	25888	土耳其	974.27
美国	12257.93	澳大利亚	904.55
乌克兰	1601.45	日本	839.55
波兰	1202.89	俄罗斯	619.74
西班牙	1169.66	德国	558.37

中国 SO<sub>2</sub> 排放总量已居世界第一 (见表 1), 超出大气环境容量的 80% 以上, 排放的 SO<sub>2</sub> 形成酸雨, 2010 年全国监测的 494 个市 (县) 中, 出现酸雨的市 (县) 249 个, 占 50.4%, 酸雨区面

积约占国土面积的 1/3。有关研究表明, 我国每排放 1t SO<sub>2</sub> 造成的经济损失约 2 万元, 酸雨污染已严重制约着我国经济的发展。

## 2 SO<sub>2</sub> 来源及危害

### 2.1 SO<sub>2</sub> 的主要来源

SO<sub>2</sub> 的污染源主要来自于两类: 天然污染和人为污染, 但绝大多数是人为污染, 人为污染主要表现在三个方面:

(1) 硫酸等化工厂。例如硫酸、硫化橡胶等含硫化合物工业, 排放的 SO<sub>2</sub> 约占 10%。

(2) 含硫矿石的冶炼。铜、铅、锌、钴等有色金属冶炼过程排放的 SO<sub>2</sub> 约占 10%。

(3) 煤等矿物燃料。我国煤炭产量居世界第一位, >2% 的高硫煤约占煤炭资源总量的 20%, 排放的 SO<sub>2</sub> 约占 70% ~ 80%。

### 2.2 SO<sub>2</sub> 的危害

#### 2.2.1 对人体的危害

SO<sub>2</sub> 是一种有毒气体, 容易被人体的体液吸收形成亚硫酸、硫酸, 刺激呼吸道粘膜, 大量吸入会造成对肺、心血管等器官的损伤, 从而引起慢性支气管炎、肺水肿等疾病。历史上有名的马斯河谷烟雾事件、伦敦烟雾事件、多诺拉烟雾事件等都是和 SO<sub>2</sub> 污染有关。

#### 2.2.2 对植物的危害

SO<sub>2</sub> 是一种有刺激性气味的气体, 易溶于水, 随降水形式降落至地面, 淋洒在植物上, 使植物表皮受损, 叶面出现伤斑, 逐渐枯焦乃至死亡。我国规定空气中 SO<sub>2</sub> 含量不得超过 0.02mg/L, 以免形成的酸雨损坏森林植被。

#### 2.2.3 对生态环境的危害

酸雨进入环境的途径有很多种, 对生态环境具有广泛的危害性。酸雨酸化土壤会使土壤肥力减

收稿日期: 2012-08-15

作者简介: 曹冬梅 (1973-), 女, 讲师, 本科学历, 环境科学专业。

退, 导致农业减产; 污染河流、湖泊, 导致鱼类、虾类减少或灭绝; 腐蚀金属材料和建筑物, 破坏露天的文物古迹。

### 3 SO<sub>2</sub> 控制技术

目前, 我国煤炭资源探明储量为 2460 亿 t, 其中高硫煤资源约占煤炭总储量的 1/4, 从而煤炭脱硫问题成为一个日益受关注的焦点。我国 SO<sub>2</sub> 的控制技术可以分为三类: 燃烧前脱硫、燃烧中固硫及燃烧后脱硫。

#### 3.1 燃烧前脱硫

是在燃烧前脱除其硫分, 既充分利用了资源, 又可减少对后续程序的恶劣影响。煤的脱硫方法较多, 按其基本原理可分为三种, 即物理脱硫法、化学脱硫法和生物脱硫法。

表 2 燃烧前主要的脱硫方法

物理脱硫法	化学脱硫法	生物脱硫法
常规洗选法	氧化法	生物浸出法处理法
跳汰法 (最为广泛)	碱处理法	生物表面氧化
重介质法	热解法	生物选择性絮凝法
浮选	溶剂萃取法	
磁选法	微波处理法	

物理法: 主要利用煤中有机质和硫铁矿的密度等差异而使其分离, 是迄今为止唯一已经产业化的煤炭净化技术。此法工艺成熟、成本低, 但去除硫的效率较低, 所以只能作为燃煤脱硫的一种辅助手段。

化学法: 主要是利用氧化剂、强酸等化学试剂通过化学反应把硫抽取出来。此法效率较高, 能脱除大部分无机硫和相当部分的有机硫, 但其工艺较为复杂。

生物法: 主要是利用微生物代谢过程的氧化-还原反应来进行脱硫。此法生产成本低, 不会影响煤的热值, 但是处理时间较长, 容易形成二次污染。

#### 3.2 燃烧中固硫

主要是在煤中添加一些固硫剂, 含硫物被其固定在煤渣中。它投资少, 不产生废气, 但会影响煤炭加工过程的正常运行, 降低效率。目前主要的固硫方法有: 炉内喷钙技术、流化床燃烧技术、型煤加工技术。

#### 3.3 燃烧后脱硫

主要是利用酸碱中和的原理, 将烟气中的 SO<sub>2</sub> 脱除, 目前被认为是控制 SO<sub>2</sub> 排放的最行之有效的途径。此技术的应用已经成熟, 效率比较高, 但工艺过程比较复杂, 占用场地较大。

表 3 燃烧后主要的脱硫方法

种类	主要的方法	优点	缺点
湿法	石灰石-石膏法; 钠法; 镁法; 氨法; 磷酸复肥法	脱硫效率高, 投资小、操作较容易	易造成二次污染, 能耗高, 腐蚀严重等
干法	吸着剂喷射法; 接触氧化法; 电子束辐照法	工艺过程简单, 能耗低, 腐蚀性小	脱硫效率较低, 投资大, 操作技术要求高

## 4 结语

我国是个燃煤大国, 每年排放的 SO<sub>2</sub> 给我们的生活带来了很大的危害, 对此除了鼓励开发和推广实用的脱硫技术措施外, 还应加强其他方面的管理, 比如: 完善相关的法律法规, 修订 SO<sub>2</sub> 排放标准, 加大 SO<sub>2</sub> 排污收费力度, 建立 SO<sub>2</sub> 污染控制目标责任制, 加强城市能源基础设施建设等。通过多种途径减少 SO<sub>2</sub> 的排放量。

## SO<sub>2</sub> Pollution and Its Hazards and Control Technology in China

CAO Dong-mei

(Shiyan Municipal Applied Technology School, Shiyan Hubei 442701 China)

**Abstract:** The pollution status, sources and hazards of SO<sub>2</sub> are analyzed in this paper. The current control and treatment technology is introduced. It is also suggested to strengthen the management and improve the laws and regulations.

**Key words:** SO<sub>2</sub>; pollution; hazards; control technology

# 西南村镇生活污水处理技术适宜性研究分析

叶长兵<sup>1,2</sup>, 杨勇<sup>3</sup>, 李兰<sup>1</sup>

(1. 玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008;

3. 玉溪市环境监测站 云南 玉溪 653100)

**摘要:**以玉溪市作为研究区,以 CASS、DSTE、ABR-人工湿地集成处理工艺、厌氧段-土壤净化槽集成处理工艺等常用村镇生活污水处理工艺作为调查对象,在查明各工程实例运行功效的基础上,分析探讨了我国西南地区村镇生活污水处理技术的适宜性。

**关键词:**村镇污水;适宜性;工程实例

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0075-03

随着研究的深入和工程实例的广泛应用,我国城市生活污水处理技术已较为成熟,使所造成的环境污染得到较好地控制。与城市生活污水相比,村镇生活污水具有收集系统欠缺、水量小而分散、浓度低、变化系数大等特点,加上村镇的经济发展相对较为落后,故城市生活污水处理技术不一定适用于村镇生活污水处理。为探明经济合理、环境可行、社会认可的村镇生活污水处理技术,国内外一些专家和学者进行了村镇生活污水处理技术的研究,如郭一令等人以耕作层下土自然净化村镇生活污水<sup>[1]</sup>;徐波以生态技术处理村镇生活污水<sup>[2]</sup>;孙海如等人以沼气池与人工湿地集成处理村镇生活污水<sup>[3]</sup>。以往的村镇生活污水处理研究取得了一定的成效,但目前尚未有针对西南地区村镇生活污水处理技术适宜性分析研究的报道。若能基于以往的试验研究成果,在充分考虑处理效率和经济性的前提下进行西南地区村镇生活污水的适宜性分析,可为优化研究区各条件下村镇生活污水处理工艺的选择提供依据。

## 1 西南村镇治污工艺现状

云南省玉溪市位于滇中,其环境特征和气象条件在西南地区具有一定的代表性。为探明西南地区村镇生活污水处理技术的适宜性,本研究以云南省玉溪市为研究区,调查分析多种村镇污水处理工艺的运行效果。

经调查,研究区较为常见的村镇生活污水处理

技术有 CASS、DSTE、人工湿地、厌氧处理技术等。随着排放要求的进一步提高和污水处理技术的进一步发展,村镇生活污水处理工艺出现了现有处理技术的适宜性改进和有机集成,较为常见的有厌氧-好氧技术集成工艺、ABR-人工湿地集成处理工艺、厌氧段-土壤净化槽集成处理工艺等。

本研究根据研究区村镇生活污水水质现状及《城镇污水处理厂污染物排放标准》要求,结合本课题组研究及调研所取得的成果,基于村镇生活污水处理工程实例,分析各条件下村镇生活污水处理工艺的适宜性。

由于西南村镇经济发展较为落后,人口较少而分散,从而形成了村镇生活污水水量小,水质水量波动大,污水收集困难,技术及管理水平薄弱等特点。在选择研究区村镇生活污水处理工艺技术时,应从以下几个方面考虑:

(1) 首先考虑采用运行费用及基建费用便宜、操作管理简便、能耗低、运行稳定、维修方便的成熟处理工艺;

(2) 经实践证明是可行有效的新技术、新工艺、新材料和新设备,必须持有积极、谨慎的态度;

(3) 根据各村镇的不同情况,在选择处理工艺时要考虑其是否便于改变其处理流程,以满足受纳水体的不同处理要求;

(4) 由污水水质水量的变化、受纳水体环境承受能力等情况来选择抗负荷冲击能力较强的处理工艺;

(5) 应该尽量保证所选择的工艺处理村镇生活污水后的水质符合国家和地方现行的标准要求。为达到这一目标,可有机集成现有成熟技术。

收稿日期: 2012-08-28

基金项目: 云南省科技厅项目(2009CD099); 云南省教育厅重点项目(2012Z147C); 玉溪市科技局项目。

作者简介: 叶长兵(1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为污水处理。

## 2 研究区村镇生活污水处理工程实例及适宜性

根据试验结果,玉溪市村镇生活污水主要包括沐浴水、卫生洁具排水和洗涤水,排水量约为 80L/(d·人)。其中:  $COD_{Cr} = 98 \sim 550\text{mg/L}$ ,  $BOD_5 = 45 \sim 320\text{mg/L}$ , 总氮 = 27 ~ 89 mg/L, 总磷 = 1.4 ~ 6.8mg/L。现分析西南地区常用的村镇生活污水处理工程实例及其适宜性。

### 2.1 CASS 工艺及适宜性

CASS 全称为周期循环活性污泥法,其最大的特点就是在反应器的进水端增加了一个生物选择区,运行方式为连续进水,间歇排水,工作过程可分为曝气、沉淀和排水三个阶段。由于 CASS 具有工艺流程简单、占地面积少、出水水质好、运行可靠、对水质水量变化有较强适应能力等优点<sup>[4,5]</sup>,在中国和日本村镇地区应用较为广泛。玉溪市江川县江城镇污水处理厂采用了 CASS 工艺,其工程设计水量为 10000m<sup>3</sup>/d,占地面积约 2.14hm<sup>2</sup>。该工艺常年污水处理效果如表 1 所示。

表 1 CASS 工艺处理效果分析表 (mg/L)

项目	SS	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TN	TP
进水平均浓度	97.49	78.20	126.44	23.48	1.65
出水平均浓度	9.03	8.29	21.12	11.73	0.47
平均去除率/%	90.73	89.39	83.29	50.04	71.52

由表 1 可知,城镇污水处理厂采用 CASS 工艺,污水出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 B 标准。

自 2010 年建成后运行的结果表明,该工艺具有出水水质较稳定,抗负荷冲击能力强,运行费用相对较高(基本维持在 1.2 元/m<sup>3</sup>),基建投资较高等特点。对于人口集中、排水管道配置健全的村镇,以及接纳水体环境功能较高,经济条件较好的风景旅游区可使用该工艺处理所产生的生活污水。

### 2.2 DSTE 工艺及适宜性

DSTE 工艺是一种以厌氧为主、好氧为辅的组合式污水处理系统,由一系列的厌氧滤池和接触氧化池组成。由于该工艺节能降耗的效果较为明显,故在国内外得到广泛的应用。玉溪市澄江县禄充旅游度假区污水处理站采用 DSTE 工艺,其工程设计水量为 2000m<sup>3</sup>/d。该工艺常年污水处理效果如表 2 所示。

表 2 DSTE 污水处理效果分析表 (mg/L)

项目	SS	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TN	TP
进水平均浓度	70.12	82.25	125	46.84	0.453
出水平均浓度	5.23	9.45	22	13.06	0.121
平均去除率/%	92.54	88.51	82.4	72.11	73.29

由表 2 可知,禄充旅游度假区污水处理站采用

DSTE 工艺,污水出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 B 标准。

自 2001 年建成后运行的结果表明,该工艺具有出水水质较稳定,抗负荷冲击能力强,污泥产量少,建设方式灵活,运行费用较低(基本维持在 0.5~0.7 元/m<sup>3</sup>),基建投资较高等特点。对于人口集中、排水管道配置健全的村镇,以及接纳水体环境功能较高,经济条件较好的风景旅游区可使用该工艺处理所产生的生活污水。

### 2.3 ABR-人工湿地集成处理工艺及适宜性

人工湿地在国内外已多有研究和应用,湿地植物的生长稳定性是系统污染物去除稳定性的关键因素<sup>[6,7]</sup>。云南省玉溪市四季温度变化不大,季节变化对湿地植物的影响很小,故研究区村镇治污工程已广泛应用人工湿地处理系统。在人工湿地的实际工程应用过程中,由于村镇生活污水中的 SS 浓度较高,从而导致人工湿地在运行过程中介质堵塞,造成其在运行一定时间后无法持续高效运行。若能够在人工湿地系统前集成一个能高效去除 SS 的反应器,则可大大提高人工湿地的长期高效稳定性。本课题组曾进行大量的 ABR 试验研究,研究结果表明,ABR 对 SS 的平均去除率为 81.6%<sup>[8]</sup>。鉴于 ABR 具有显著的 SS 去除能力,本课题组设计了 ABR-人工湿地集成污水处理工艺,通过 ABR 段显著减轻后续人工湿地单元的 SS 负荷而达到维持系统长期高效稳定的目的。本课题组设计并建成的 ABR-人工湿地集成污水处理工艺应用于玉溪市东风水库北岸小矣资村,其工程设计水量为 50m<sup>3</sup>/d,占地面积约 1250m<sup>2</sup>。其处理效果如表 3 所示。

表 3 ABR-人工湿地集成污水处理效果分析 (mg/L)

项目	SS	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TN	TP
进水平均浓度	73.33	98.56	157.48	67.20	2.6
出水平均浓度	11	18.41	30	10	0.85
平均去除率/%	85	81.32	80.95	85.12	67.31

由表 3 可知,ABR-人工湿地集成污水处理工艺的污水出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 B 标准。

长期的运行结果表明,该工艺具有运行费用中等(0.4~0.6 元/m<sup>3</sup>),长期高效稳定,占地面积大,抗负荷冲击能力强等特点。根据其所具有的特点,该工艺适用于人口密度较低、污染物排放较少、生活污水中悬浮物较多、经济相对较差、土地面积大、管理水平不高的村镇治污。

## 2.4 厌氧段-土壤净化槽集成处理工艺及适宜性

土壤净化槽工艺国内外已多有研究和应用实例。通海县河西镇汉邑村采用厌氧段-土壤净化槽集成处理工艺处理生活污水。其中厌氧段为普通化粪池, 体积约 30m<sup>3</sup>; 土壤净化槽处理系统槽体深度为 0.83m, 长 20.74m, 宽 14.74m, 处理规模 35t/d。其处理效果如表 4 所示。

表 4 厌氧段-土壤净化槽集成污水处理效果分析 (mg/L)

项目	SS	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	TN	TP
进水平均浓度	124	92.3	130	11.9	1.8
出水平均浓度	6	7.6	10.5	1.91	0.023
平均去除率/%	95.16	91.77	91.92	83.95	98.72

由表 4 可知, 厌氧段-土壤净化槽集成处理工

艺污水出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 A 标准。

长期的运行结果表明, 该工艺具有运行费用中等 (0.4~0.6 元/m<sup>3</sup>), 长期高效稳定, 占地面积大等特点。根据其所具有的特点, 该工艺适用于人口密度较低、污染物排放较少、生活污水中悬浮物较多、经济相对较差、土地面积大、管理水平不高的村镇治污。

## 2.5 西南地区村镇生活污水处理技术适宜性对比

根据村镇生活污水处理工艺技术的选择要点以及各工程实例的处理实效, 结合研究区的环境特点, 现将所推荐的几种处理工艺的处理性能及其适用范围作对比分析, 具体如表 5 所示。

表 5 村镇生活污水处理工艺适宜性对比分析

工艺名称	适用范围	占地面积	工程投资	运行费用/元·m <sup>-3</sup>	操作管理
CASS	污染程度较严重, 排水管道健全, 出水要求较高	较小	高	1.2	高
DSTE	污染程度较严重, 排水管道健全, 出水要求较高	较小	高	0.5~0.7	较高
ABR-人工湿地	SS 较多, 场地开阔, 出水要求较高	大	较低	0.4~0.6	较低
厌氧段-土壤净化槽	SS 较多, 场地开阔, 出水要求较高	大	较低	0.4~0.6	较低

## 3 结论

生活污水处理是村镇建设中迫切需要解决的环境问题, 选择村镇生活污水处理工艺技术时应作适宜性分析。根据西南地区经济力量比较落后、管理技术较为低下的实际情况, 村镇生活污水处理工艺技术的选择应以结构简单、费用低廉、易于管理、实施方便为宜。根据对比分析的结果, ABR-人工湿地集成处理工艺、厌氧段-土壤净化槽集成处理工艺应作为西南地区普遍村镇生活污水处理相对适宜的工艺选择; 而对经济技术实力相对雄厚的村镇地区来讲, 其污水的处理也可以考虑选择处理效果优且效率高的 CASS、DSTE 等处理工艺。

### 参考文献:

- [1] 郭一令, 王森, 高恺, 等. 耕作层下土自然净化技术处理村镇生活污水 [J]. 中国给水排水, 2009, 25 (10): 59-62.
- [2] 徐波. 生态技术处理污水的研究与应用 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28 (1): 64-66.
- [3] 孙海如, 周虎城, 王俊玉. 村镇生活污水处理技术整合研究 [J]. 给水排水, 2006, (7): 509-512.
- [4] 杨亚静, 李亚新. CASS 工艺的理论与设计计算 [J]. 科技情报开发与经济, 2000, 15 (13): 89-95.
- [5] 曾艳. CASS 工艺用于城镇中小型污水处理厂的探讨 [J]. 西南给排水, 2008, 30 (1): 12-15.
- [6] 白晓慧, 王宝贞. 人工湿地污水处理技术及其应用发展 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999, 32 (6): 88-90.
- [7] 于荣丽, 李亚峰, 孙铁珩. 人工湿地污水处理技术及其发展现状 [J]. 工业安全与环保, 2006, 32 (9): 29-31.
- [8] 韩相奎, 叶长兵, 庄金鹏, 等. 异波折板复合厌氧污水处理中试研究 [J]. 环境科学, 2008, 29 (11): 3077-3080.
- [9] 杨勇, 叶长兵, 曾维庆, 等. 厌氧段-人工湿地处理污水高效稳定机理研究 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34 (3): 37-40.

## A Research of Adaptability of Rural Wastewater Treatment Technology in Southwest China

YE Chang-bing<sup>1,2</sup>, YANG Yong<sup>3</sup>, LI Lan<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan 653100 China)

**Abstract:** The CASS, DSTE, ABR-constructed wetland integrated sewage treatment technology and the integrated sewage treatment technology of anaerobic soil infiltration beds which are applied in Yuxi Municipality are studied. Based on the investigation of their performance, the adaptability of these technologies is analyzed for the southwest China.

**Key words:** rural domestic sewage; adaptability; engineering case

# 液体零排放技术在工业水处理领域的应用

卢少红, 施明清

(阿奎特(广州)水处理有限公司, 广东 广州 510080)

**摘要:**介绍了最新的、已实现工业应用的液体零排放技术, 概括了该技术的常规系统组成, 描述了液体零排放技术的预处理、热处理、最终废弃物处理以及高效反渗透预浓缩的液体零排放技术的特点, 总结了该技术在电力、炼油及石化、煤化工和采油等工业水处理领域的应用, 指出了该技术存在的问题, 展望了该技术的发展前景。

**关键词:**液体零排放; 高效反渗透; 废水回用

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0078-04

随着工业技术的发展, 各种工业对水质的要求越来越高, 导致对化学药品、能源等的消耗越来越高, 同时各国政府对环境保护、能源消耗等的要求越来越严格。2005年颁布的《中国节水技术政策大纲》明确指出发展外排废水回用和“零排放”技术。在生产符合要求的高质量工艺用水的同时, 如何将大量的污水进行回用、降低能耗、实现排放、最大限度降低对环境的污染, 甚至没有污染, 已成为一个巨大的挑战。

液体零排放(ZLD)系统作为一种循环经济体系, 可真正实现废水零排放, 节省了大量的排污费用并最大限度保护了环境, 同时可为企业提供高品质的产水以减少大量的工艺用水量。即使企业处于城市中心或是自然保护区, 采用液体零排放系统, 也能满足社会、政府对环境保护的严格要求。所以, 液体零排放系统无论是在经济效益还是在社会、环境效益上, 都有深远而重大的意义。

液体零排放系统可广泛应用于电力、炼油、化工、冶金、制药等诸多对环境污染严重的行业, 最大程度减少这些企业对环境的影响。

## 1 零排放技术介绍

### 1.1 概述

20世纪80年代, 欧洲及美国的一些化工企业为保护环境, 对特殊废水经简单预处理后即进行热处理, 既可产生蒸汽, 又可回收产品。但由于这些热处理设备昂贵, 运行费用极高, 只适合特殊场合应用。在20世纪90年代初期, 反渗透技术得到了

大力推广, 反渗透系统作为热处理的预浓缩处理, 大大减少了热处理系统的处理量, 显著减少了零排放系统的投资和运行费用, 从而在近20a特别是近几年, 液体零排放技术得到了大力发展。

液体零排放系统一般的工艺组成如图1。

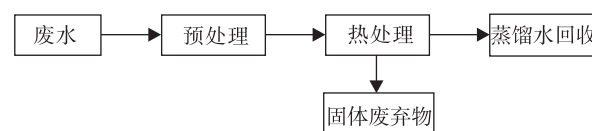


图1 液体零排放系统示意图

### 1.2 预处理

预处理的作用主要是: 对废水进行适当的处理, 使废水水质符合热处理系统进水要求; 在最经济的条件下对废水进行初步的浓缩, 尽可能减少热处理系统的处理量。

由于液体零排放系统的核心部分——热处理系统是由昂贵的合金钢, 甚至是钛材制造的; 同时热处理需要用蒸汽将废水蒸发, 消耗热源。因而预处理的作用在零排放系统中至关重要。合适的预处理可以显著减少热处理系统的投资和运行费用。

20世纪90年代以来, 反渗透技术在水处理上的应用得到迅速推广和发展。浓盐水的减量可以通过将浓盐水引入膜装置来实现<sup>[1]</sup>。反渗透作为热处理的预处理系统, 能将废水浓缩, 减少后续热处理系统的规模, 降低投资和运行成本。但是一般的工业废水中存在的污染物, 如有机物、油脂、微生物、二氧化硅等, 很容易引起常规反渗透系统产生污堵和结垢, 导致频繁的停机清洗和系统性能下降。高效反渗透(HEROTM)系统, 由于在预处

收稿日期: 2012-09-20

作者简介: 卢少红(1982-), 女, 广东广州人, 本科, 主要从事废水回用和工业给水方面的研究。



理中去除几乎所有结垢离子并且反渗透装置在高pH值条件下运行,能有效防止有机物污染、生物污堵、硅和无机盐等结垢<sup>[2]</sup>。高效反渗透回收率高达90%以上,作为热处理的预浓缩系统时,一般能将进入热处理的废水量降低到只有原处理量的10%甚至更少<sup>[3]</sup>。反渗透产水可回用于冷却塔补水以及其它生产用水。高效反渗透和热处理的结合应用,2002年在北美已有工业应用。

### 1.3 热处理

热处理部分为液体零排放系统的核心部分,此部分是在高温条件下对废水进行蒸发,除结晶水外所有水分均以蒸汽形式排出系统,经冷凝后形成非常纯净的蒸馏水。而污染物以固体的形式经脱水后排出系统外。

热处理系统主要包含两部分,前半部分为热浓缩器,一般采用立式降膜(或升膜)盐浓缩器,对废水进行蒸发浓缩,将废水的总溶解固体(TDS)浓缩至19%以上;后半部分为结晶器,主要是将剩余水分全部蒸发,污染物最终形成固体。结晶器可根据当地的地理条件,用蒸发塘代替。在我国的新疆、内蒙等地年蒸发量很大的干燥地区,可采用蒸发塘。

进入热法系统的水质成分很复杂,要保证热处理系统稳定可靠,要注意两个主要问题,一是防止腐蚀,二是防止系统内结垢:

(1) 由于热处理是在高温条件下蒸发高含盐量废水,系统材质需要根据水质选择合适的合金钢或钛材;另外,在进水中通过脱气器降低给水中的氧,防止可能由高温、高浓度氯离子导致的点腐蚀和裂缝腐蚀。

(2) 废水中的低溶解度结垢盐类(如硫酸钙等)限制了浓缩器对废水的浓缩程度,并且极易在换热管中产生结垢。根据进入热处理系统的废水水质,蒸发器可以设计在晶种接种模式或非接种模式下运行。当需要接种时,通过在盐水中均匀加入充足的晶种可以解决硫酸钙在换热管结垢的问题。晶种可以防止过饱和,促进硫酸钙在晶种上结晶,而不是在换热管表面形成结垢<sup>[4]</sup>。另外,热处理系统还需要在高循环倍率下运行,除了提高换热效率,还能降低系统结垢率。

热处理是整个液体零排放系统中运行成本最大的部分,为降低运行成本,可充分利用厂区的废蒸汽进行蒸发结晶。对于浓缩器,还可以利用机械压缩机,增加盐水蒸发器中产生的二次蒸汽的饱和压

力和温度,压缩后的二次蒸汽进入盐水蒸发器的过程替代生蒸汽作为系统的热源。这样,浓缩器仅在启动时需要小量的蒸汽,节约运行成本。

热处理系统的投资和运行费用占整个系统70%以上(根据水质不同,甚至超过90%)。所以应尽可能减少热处理系统的规模。

### 1.4 最终废弃物处理

液体零排放系统最终不排放任何的废水或废液,所有的废弃物均以固体的形式存在。这些固体废弃物可根据测试的结果,按国家的标准要求进行填埋。

### 1.5 液体零排放技术的特点

(1) 可回收98%以上的污水,甚至更高(取决于污水的水质);

(2) 回收水水质很高,可达到一般脱盐水的要求;

(3) 无液体的污染物,系统仅产生少量的固体废弃物,可送至垃圾填埋场填埋;

(4) 能耗很低,不需要消耗大量的蒸汽;

(5) 操作简单灵活,维护量少;

(6) 占地面积和投资显著减少。

## 2 工业水处理领域的应用

### 2.1 电力

液体零排放系统在欧洲、北美地区已应用于循环冷却水的回用及处理脱硫废水。例如在美国拉斯维加斯的木兰电厂、Lantan电厂等,特别是一些IGCC电厂,已将电厂的废水及循环冷却排污水回收利用并实现废水零排放。这些电厂处于干旱严重缺水地区,环保要求极其严格,实现零排放不但减少厂区补水量,而且最大程度减少对当地的环境影响。

电厂的另一小部分的废水——脱硫废水(FGD废水),这部分废水由于含有大量的悬浮物、硫酸盐和重金属等,是高污染废水,脱硫废水深度处理技术是废水处理的一个难点课题,目前基本没有处理此废水达到排放标准的工艺,而采用蒸发+结晶的液体零排放技术,脱硫废水彻底实现无害化<sup>[5]</sup>。在意大利ENEL公司旗下的五座发电厂,采用先进的液体零排放技术处理电厂产生的脱硫废水,实现了废水的零排放<sup>[6]</sup>。在我国的一些敏感地区的电厂,例如在饮用水源区、生态极度脆弱地区,可以实施液体零排放系统彻底解决脱硫废水排放的问题。

### 2.2 炼油及石化

液体零排放技术的应用最早是在石油化工行

业, 热处理技术本身也属于典型的化工单元操作, 在石油化工企业的废液处理中这种热处理技术应用非常广泛, 例如在丙烯酸纤维液处理、PVC 废液处理等领域。在北美、中东、埃及, 甚至在我国的金山石化、兰州石化等都有这些技术的应用。

但单纯作为废水处理技术, 在国内的应用才刚刚开始, 目前主要在中海油的惠州炼油项目上进行了实质性的技术论证及谈判, 可能不久的将来可以得到实施。惠州炼油周围海域属海龟产卵保护区, 需要达到一级海水标准。任何废水的排放将改变此海域的海水水质。所以液体零排放技术作为最终的废水处理技术得到了中海油的认可。

随着环保要求的日趋严格, 在一些饮用水源及江河的上游地区、极干旱地区、生态脆弱地区, 高污染的石油化工行业将会选择液体零排放技术作为最终的废水解决方案, 满足用水和环保要求。

### 2.3 煤化工

煤化工行业本身属于高污染、高能耗行业, 会产生大量高难度处理废水。我国大部分的煤化工分布在干旱、环境优美或生态环境脆弱地区, 对废水的排放和回用有很高的要求。例如在内蒙古的煤化工企业云天化集团金新化工, 采用了液体零排放技术, 废水首先经过高效反渗透预浓缩后进入蒸发器蒸发。由于该厂设有蒸发塘, 因此该液体零排放系统无需结晶部分设备。该系统能回用绝大部分废水, 最后仅有  $9\text{m}^3/\text{h}$  的废水排放至蒸发塘进行自然蒸发。

对于煤化工所产生的高污染情况, 国家环保部也非常关注, 并提出了相应的环保要求和审批条件, 确保进一步保护好环境和水资源, 例如对水耗量及回用的数量、排污总量都有严格的要求。面对这些严格的环保要求和对水资源的保护, 大部分的业主如大唐、神华等已考虑在其拟建的项目中建设液体零排放系统。2008 年以来, 中国化工集团从节能减排、主动履行社会责任的方针出发, 率先在行业内提出推进节能减排, 逐步实现废水“零排放”的目标, 在全系统开展废水“零排放”试点工程<sup>[7]</sup>。

### 2.4 采油

采油行业中, 在 SAGD 技术应用中, 需要采用蒸汽进行采油。采用热处理对采油废水进行蒸发产生蒸汽, 一方面能减少废水排放, 另一方面废水产生的蒸汽能用于采油过程。在已建设的阿曼 Mukhaizna 采油项目中, 采用液体零排放技术将采

油废水(规模为超过  $45000\text{t}/\text{d}$ ) 直接转化为蒸汽直接用于开采重油。这种技术的应用不仅解决了采油废水排放的问题, 而且还直接变废为宝, 将废水变为石油开采需使用的蒸汽, 显著改善了环境问题和能源问题。

在我国的辽河油田、克拉玛依油田开采重油, SAGD 采油技术正在应用中。不久以后, 这种液体零排放技术也将在我国的采油行业中出现。

### 3 存在问题

液体零排放技术可最大限度地回收水资源, 实现最小的环境污染。但投资和运行成本的居高不下, 一直是制约液体零排放技术发展的重要因素。

在投资方面, 由于液体零排放系统的设备需要采用昂贵的高合金材料, 甚至是钛材, 导致投资极高。一般来说, 热处理部分(含蒸发器及结晶器)吨水投资费用采用进口设备为  $150 \sim 200$  万元, 采用引进技术的国内制造设备为  $110 \sim 140$  万元。

在运行方面, 废水在热处理中是靠蒸汽进行蒸发的, 需要消耗大量的能源, 运行费用很高。蒸发器部分吨水折合耗电  $25 \sim 30\text{kWh}$ , 结晶器部分吨水折合耗蒸汽  $0.3 \sim 0.4\text{t}$  蒸汽。

所以, 如何选择合适的设备材料是需要解决的问题。同时, 尽量提高预处理对废水的浓缩倍率、减少热处理部分的处理水量, 并提高热效率, 也是非常重要的研究课题。另外, 由于废水成分复杂, 如何选择合适的蒸发系统也需要进行详细的设计论证, 否则蒸发设备将会产生结垢甚至无法使用。

### 4 结论

液体零排放系统作为一种循环经济体系, 可真正实现废水零排放, 节省了大量的排污费用并最大限度保护了环境, 同时可为企业提供高品质的产水以减少大量的工艺用水量。液体零排放系统是企业实现经济效益、社会效益和环境效益的最终、唯一选择, 是废水处理和回用的最终发展方向。

#### 参考文献:

- [1] 罗金华. 钢铁工业废水零排放中的浓盐水处理技术 [J]. 冶金动力, 2011, 144 (2), 57-59.
- [2] 德巴斯什·穆霍帕德黑. 高效率操作的反渗透方法和设备: 中国, 97197289. 3 [Z]. 1999-11-24.
- [4] 谢晓. 工业废水零排放技术简介 [J]. 水处理信息报导, 2007, 140 (6), 12-13.
- [5] 徐国庆. 火电厂脱硫废水零排放 [J]. 科技资讯, 2009, 213 (35), 71-71.
- [7] 郭有智. 推进化工废水“零排放”战略 [J]. 中国石油企业, 2010, 306 (10), 54-55.

## The Application of Zero Liquid Discharge Technology in Industrial Wastewater Treatment

LU Shao-hong, SHI Ming-qing

(Aquatech (Guangzhou) Water Treatment Co., Ltd, Guangzhou Guangdong 510080 China)

**Abstract:** This paper introduces the up-to-date zero liquid discharge (ZLD) technology which have been put into use in industry, generalizes the normal compositions of ZLD system, and describes the pre-treatment, thermal treatment, the final solid waste treatment and unique features of the zero liquid discharge technology with high efficiency reverse osmosis as pre-concentration. The paper also summarizes the applications in industries such as power, refinery & petrochemical, coal chemical and oil industries etc. It also points out the existing problems and prospects of the zero liquid discharge technology.

**Key words:** zero liquid discharge; high efficiency reverse osmosis; wastewater reuse



## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

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

《环境科学导刊》编辑部

# 昆钢煤气系统的经济安全性分析与优化

闫莉

(昆明钢铁集团有限责任公司动力能源分公司, 云南 安宁 650302)

**摘要:** 从安全运行和经济运行两方面论述了昆钢煤气系统中存在的问题, 针对存在问题提出解决措施及建议。

**关键词:** 煤气系统; 安全运行; 经济运行; 问题; 措施; 建议; 昆钢

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0082-04

煤气系统的安全性和经济性, 在钢铁联合企业中历来被人们高度重视。在煤气的生产、输送、使用三个环节中, 从设计到投入运行, 首先要考虑的是系统的安全、可靠, 只有安全可靠才能保证人身安全和生产稳定运行; 其次是构成系统的各种设备是否匹配、协调, 只有系统中各种设备匹配协调, 再加上科学合理的管理, 才能产生最大的经济效益。

本文根据昆钢煤气系统的现状, 从安全和经济运行方面进行分析, 主要从两个方面入手: 一是系统的构成, 主要是针对目前昆钢煤气系统存在的问题提出解决方法; 二是从运行管理方面, 主要阐述怎样完善管理才能使煤气系统经济运行。通过分析提出一些粗浅的看法。

## 1 概况

昆钢本部系统包括高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气和混合系统。根据2012年上半年统计:

高炉煤气产量为69.6万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 外供量38.2万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 放散率3.08%, 主要外供用户是焦化厂、75t/h锅炉、130t/h锅炉、烧结低温发电锅炉及混合煤气用户。

焦炉煤气产量7.3万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 外供量5万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 放散率0.17%, 主要用户是烧结厂、焦化厂、75t/h锅炉、130t/h锅炉及轧钢片混合煤气用户。

转炉煤气可回收煤气2.8万 $\text{m}^3/\text{h}$ 。

混合煤气系统主要承担烧结厂和轧钢片加热炉用气的混合、加压、输送任务。主要用户为烧结厂、棒材厂、冷热轧厂, 系统上有五座混合煤气加压站, 共有加压站19台套, 总加压煤气量4.73亿 $\text{m}^3/\text{a}$ 。

系统上有15万 $\text{m}^3$ 高炉煤气柜一座, 7万 $\text{m}^3$

焦炉煤气柜一座, 3万 $\text{m}^3$ 转炉煤气柜两座; 同时有三座高炉煤气放散塔, 放散能力20万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 两座焦炉煤气放散塔, 放散能力1~1.5万 $\text{m}^3/\text{h}$ 。

三台75t/h和130t/h锅炉是煤气系统的缓冲用户, 可烧高气21~25万 $\text{m}^3/\text{h}$ , 焦气1.2~1.5万 $\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 2 煤气系统的现状及存在的主要问题

### (1) 系统监控装置不全, 安全隐患突出

目前昆钢的煤气系统从气源出口到放散塔、加压站入口, 煤气压力的高低报警装置都不完善, 系统压力的稳定调节全靠放散塔值班人员观察压力表进行, 高气压力控制在9.0~13.0kPa, 焦气压力控制在5.5~6.5kPa。在系统煤气供求量发生大幅度增减时, 引起的压力波动不能及时提醒操作人员调整, 经常导致系统压力大范围波动, 高气压力有时高达19kPa, 焦气压力高达7.0kPa, 给用户和煤气混合造成很大影响, 严重时造成高气倒入焦气系统, 导致混合煤气用户熄火。更为严重的是, 由于系统压力急剧上升而未能及时调整, 时常造成脱水器水封冲开、煤气泄漏, 这种现象每年都有3~5次, 最严重的一次是2000年12月6日中班, 六高炉引煤气, 系统压力升高未能及时放散, 导致十五万柜进口水封脱水器冲开, 煤气泄漏, 在处理漏气时, 一值班人员违章作业导致煤气中毒身亡。因此, 完善煤气系统的高低报警装置, 及时提醒值班人员调整, 对稳定系统压力, 防止煤气泄漏事故的发生, 具有重大意义, 是煤气系统安全正常运行的“监视器”, 应该尽快完成, 确保系统安全运行。

### (2) 煤气放散系统装备落后, 稳定和关闭效果差, 影响系统的安全、经济运行

放散塔是煤气平衡的重要设施, 它的作用是在

气源或用户供求量发生突变时,迅速将过剩煤气安全排入大气,确保系统压力稳定。目前,放散塔存在的主要问题有以下几点:

①四、五洗放散塔,由于使用年代较久,设备陈旧,投入自动放散后,电机经常过载发热烧坏,只能手动放散,难以跟踪系统压力变化,造成不必要的放散和系统压力波动。

②放散塔点火方式落后,现在一直是人工点火,劳动强度大,危险性高,其次是火焰不稳定,在煤气放散量大时,高炉煤气放散塔经常熄火,造成煤气不燃烧就直接排入大气,污染周围的工作环境。特别是冬季雾大时,煤气扩散不开,中毒的可能性更大。

③放散调节系统关不严,系统压力低时,造成不必要的放散损失。初步估算,6个放散塔因关不严造成的煤气损失大约在 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{h}$ ,每年约损失 $350 \sim 720 \text{ 万 m}^3$ ,浪费惊人。在放散塔前设置关闭严密、调节灵活的控制阀门是减少泄漏损失、稳定系统压力的有效方法。

(3) 系统计量不全,信息反馈落后,调度指挥滞后

昆钢煤气系统的调度平衡方法,仍停留在20世纪60年代,这对一个年产近300万t钢的特大型钢铁联合企业来说,无疑是一个遗憾。从计量方面看,煤气的产量、使用量、放散量有一半以上都存在着无表计或计量不准的情况,造成煤气动态平衡的盲目性,调度人员只能凭经验调整。另外,由于煤气系统的压力、流量监测都分散在各站点,调度人员全靠电话询问值班人员了解变化情况,一旦煤气系统发生突然变化,或值班人员观察汇报不及时,往往造成系统调整滞后,影响用户或造成放散损失,严重时造成系统超压,危及安全。

因此,建立一个信息反馈迅速的在线监测系统,对煤气系统的压力、流量放散进行集中监控,为调度人员提供快速的决策信息,是提高煤气系统管理水平的硬件要求。特别是当锅炉和气柜作为煤气缓冲调节手段时,对煤气系统进行集中监控显得更为重要。

(4) 系统结构不合理,加压机、气柜没有充分发挥效率

在三炼钢未投产前,老轧钢区域的混合煤气主要由二加压供给,用户有250车间、650车间、盘元、耐火厂、中板等。这些用户主要分布在三炼钢区域的西面,随着三炼钢、四轧厂、冷热轧厂的

相继投产,在三炼钢厂区东面新建了一批煤气设施,如七万柜,三万柜,三、四、六加压站,形成了相对独立的煤气系统,使整个东南片管网布局发生了很大的变化。另外,随着老用户退出和新用户增加,以及设计能力偏大,混合煤气加压站都存在加压机容量大于实际供气量的情况。各加压站的设备容量和供气量见表1。

表1 各加压站的设备容量和供气量

站名	装机数/台	运行数/台	单机额定供气量/ $\text{万 m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	实际供气量/ $\text{万 m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	占额定负荷/%
一加压	2	1	3.0	0.4~0.8	13~20
二加压	5	2	3.0	1.8~2.3	60~70
四加压	6	1	1.5	0.2~0.5	13~33
六加压	4	1	2.04	0.6~1.0	30~50
制氢站	2	1	3.0	0.8~1.5	27~50
			1.5	0.2~0.4	13~27

从表1可以看出,加压站绝大部分运行加压机供气量都低于铭牌出率的50%,最高的也只有76%。大部分加压机长期在低负荷下运行,这是很不经济的,有必要对煤气系统进行优化改造,对加压机进行“并”、“停”,提高加压机效率,减少开机台数,同时对用户热值进行统一配比。

在焦炉煤气系统方面,由于七万柜储气压力与系统压力不匹配,长期处于停运状态,焦气系统压力在 $4.0 \sim 6.5 \text{ kPa}$ ,气柜储气压力只有 $2.7 \sim 3.0 \text{ kPa}$ ,不能充分发挥气柜的稳压调节作用,需要增加活塞配重,对三炼钢区域焦气进出口管进行改造,提高气柜的投运率,减少放散量。

以上四个方面是昆钢煤气系统存在的主要问题,它直接影响着煤气系统的安全、经济运行,有的方面只要投入少量资金,就可以获得较大的经济效益,提高系统的安全性,如:放散系统的改造完善,轧钢片新老系统的联网,煤气系统各主要监测点高低压报警的设置等;有的需要投入较大的资金,如建立快速信息反馈系统,实现计算机在线监测,将各点参数汇集到中心调度室,但可提高煤气系统的现代化管理水平,它带来的经济效益是巨大的,也是能源系统现代化管理的必然趋势。

### 3 解决问题的可行性探讨

要提高昆钢煤气系统的安全性和经济性,本人认为要围绕以上四个问题,做好以下几个方面的工作:

(1) 建全煤气系统的高低压报警装置,为运

行人员及时调整创造条件

“压力”是煤气系统重要的监测参数之一，它的变化直接影响到系统的安全、正常运行。压力过高会造成脱水器水封冲破，煤气泄漏；同时给煤气的混合带来困难，严重时发生两种煤气在混合机构倒流，造成用户停产。因此，完善系统的高低压报警装置，能及时提醒运行人员调整，确保系统安全、正常运行。

高焦炉煤气系统的监测尤为为重要，应在以下几个站点安装报警装置：①四洗、六洗净煤气出口管；②各放散塔进口；③气柜和加压站进口。以上这些地方都是控制调整系统压力的关键点，应该设报警，及时提醒运行人员调整。

(2) 改造放散塔，提高控制水平，确保系统安全、经济运行

放散塔是高、焦炉煤气系统的重要设施，它和气柜、缓冲用户一起承担着调节稳定系统压力的作用，将系统过剩的煤气安全排入大气。系统压力高时，如果不及时打开，将造成系统超压，危及安全；压力低时关不严，造成煤气浪费，不经济。排放时不燃烧，将造成周围人员中毒。因此，建立一个调整灵活、开闭可靠和稳定的放散系统是非常必要的。

公司煤气系统上的6座燃烧器，有必要在以下几个方面做改进：

①实现所有放散塔自动放散，关闭严密。将放散塔前现场操作的切断阀引入值班室远程操作，并换为关闭严密的三偏芯的蝶阀；不能长时间投入自动放散的改为能自动放散的调节阀，实现所有放散阀在系统压力波动时能自动调整，这对用锅炉作为主要缓冲调节手段的煤气系统尤为为重要。

②改进点火方式，完善火焰监测。将现在的人工点火设为电火花点火，避免运行人员中夜班高空点火的危险作业；其次是在没有火焰监测的燃烧塔上装监测仪，让运行人员能在值班室及时发现放散煤气的燃烧情况，防止放散熄火造成煤气中毒。

其次是要解决高炉煤气放散塔在放散量大时熄火的问题。

为了解决6座放散塔存在的以上问题，并结合节能减排工作，分公司投资了200万元于2008年开始改造，历时两年，到2009年改造完工。经过2a多的运行，收到了预期效果，大大提高了煤气系统运行的安全性。

(3) 建立煤气系统的在线监测、集中监控，

提高系统运行经济性和管理水平

应用计算机系统与煤气系统进行在线监测和数据采集，其主要作用是将煤气系统的压力、流量等参数及时汇集到调度中心，为生产提供动态信息，调度人员能在较短的时间内进行科学合理的调整。在这个系统中，在线监测是基础，数据是调度决策的重要依据。如果能对气源的产量、用户的使用量、锅炉的缓冲量、气柜的储存量及燃烧器的放散量进行在线监测，适时调控，煤气系统的安全性和经济性将得到很大提高，昆钢能源管理水平将向现代化管理跨进一大步，也是今后能源管理的发展方向。

(4) 优化系统结构，提高加压站效率，充分发挥七万柜的调节作用

从前面的统计数据可看出，几乎所有的混合煤气加压站都是低负荷运行，现在进行具体分析：

①一加压站加压站选型太大，供气量只有额定负荷的13%~20%，从用户来看，随着球团的投产，用量不会有大的增加，完全可以换成流量小的机型。冷轧混合煤气加压站也存在同样问题，需要重新选型，解决低负荷运行问题。

②二、四、六加压站，供气用户都集中在轧钢片，而且管网相近用户热值相近，可以联网运行，减少开机台数。2003年已做了六加压供四轧厂的改造，非常成功，但四、六加压联通管需要加大。

③只要将原耐火厂煤气管加粗，并与四轧厂和原中板煤气管联通就能实现二、四、六加压站联网供气，有以下几个优点：能提高加压站运行效率且调整灵活，在用户局部停产时能减少开机台数；提高了系统的同时使用系数，系统压力比联网前更加稳定，供气更加可靠。

④充分发挥七万焦炉煤气柜的作用，要做以下工作：增加气柜活塞配重，将储气压力提高到原设计压力5.0kPa；在气柜进口总管加压站前面，加装切断阀和调节阀。根据气柜的升降来控制气源进入气柜区域的气量。这样可以调节气柜区域的用气量0~3.0万m<sup>3</sup>/h，这对稳定焦气系统压力、缓冲锅炉充分使用煤气都十分有利。

(5) 扩大缓冲用户，努力实现放散为零

目前，在钢、铁、材生产正常的时候，高、焦炉煤气都有放散，高气放散量约在1万m<sup>3</sup>/h，生产不均衡时，放散就更大。充分利用富余煤气，实现放散为零，一直是冶金工厂追求的目标，而且已有成功的例案。

我们要考虑的是建立一个与生产瞬息变化相适应的煤气平衡机制，本人认为要应在以下几个方面做工作：

①在组织钢铁材生产中，要考虑煤气平衡，有计划地安排产量、品种，安排好气源和用户同步检修，加强检修的计划性，特别要做好中、长期能源平衡规划。

②建立能源管理信息系统，逐步实现煤气系统的计算机在线监测，及时采集动态平衡数据，为调度人员提供科学合理的决策信息，落后的信息反馈系统不能形成快速、合理的调度方案。

③提高气柜的操作水平和放散塔的装备水平。

气柜可以调节短时间内的煤气波动，如热风炉切换时发生的煤气波动；放散塔可以消除煤气突变对系统的冲击，如用户事故时突然减量。只有二者的可靠运行，才能保证缓冲用户的正常生产和系统的安全。

#### 4 小结

本文从五个方面探讨了煤气系统现存问题的解决办法，有的是具体的解决方案，有的是建议和设想，有的在组织实施，有的路还很漫长。不管怎样，只要我们有目标、有方向，一步步走下去，昆钢的煤气系统就会越来越完善，管理就会越来越科学。

## Analysis and Optimization of Gas System in Kunming Steel Corporation from Economic and Security Views

YAN Li

(Power and Energy Plant of Kunming Steel Corporation, Anning Yunnan 650302 China)

**Abstract:** For the cost-effective and safe operation of the gas system of the company, this paper discusses about the problems of the gas system and puts forward the solutions and suggestions.

**Key words:** gas system; safe operation; cost-effective operation; problems; measures; suggestion; Kunming Steel Corporation

# 喷雾预处理 + 二级吸收法处理酸洗废气中 $\text{NO}_x$

赵根成, 贾劲松, 蒋利华

(长沙环境保护职业技术学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 尝试对酸洗废气中  $\text{NO}_x$  处理工艺进行改进研究, 提出了喷雾预处理 + 二级吸收法工艺, 从工艺流程、工艺原理、试验结果等方面阐述了该工艺的可行性。本研究可为酸洗废气中  $\text{NO}_x$  处理提供参考。

**关键词:** 喷雾; 二级吸收; 酸洗废气;  $\text{NO}_x$  处理工艺

**中图分类号:** X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0086-02

酸洗是不锈钢生产过程中必不可少的一道工序。酸洗不仅可去掉不锈钢表面在热处理过程中形成的氧化皮, 而且还可对表面进行钝化处理, 提高耐蚀性<sup>[1]</sup>。酸洗时要使用硝酸对产品表面进行强氧化处理, 会产生大量的以  $\text{NO}$  为主的氮氧化物废气 ( $\text{NO}_x$ )。

$\text{NO}_x$  处理方法有催化还原法、溶液吸收法和吸附法等<sup>[2]</sup>, 其中溶液吸收法具有成本低廉的优点, 目前被广泛采用。但由于吸收效率不理想, 一般要用三级以上的吸收塔才能实现达标排放。本研究在多次实验室小试与工厂现场调试的基础上, 选择合适的吸收液, 提出一种改进的处理工艺, 仅采用两级溶液吸收处理, 就能确保废气的达标排放。

## 1 工艺流程

本方法的工艺流程分喷雾、一级吸收、二级吸收等三个环节, 见图 1。酸洗废气由酸洗槽顶部的吸风罩进入进风管道, 与喷雾气流接触氧化, 然后用风机送入一级吸收塔, 最后经二级吸收塔处理后外排。

### 1.1 喷雾

喷雾操作在一级吸收塔前进行, 喷雾剂采用经酸化至 pH 4 ~ 4.5 的 0.5% 亚氯酸钠溶液 ( $\text{NaClO}_2$ )。废气中的  $\text{NO}$  经喷雾处理后, 部分将被氧化成  $\text{NO}_2$ 。

### 1.2 一级吸收

一级吸收操作在一级吸收塔里进行, 吸收液同样采用经酸化至 pH 4 ~ 4.5 的 0.5% 亚氯酸钠溶液 ( $\text{NaClO}_2$ )。废气中的  $\text{NO}$  经一级吸收处理后, 大部分将被氧化成  $\text{NO}_2$ 。

### 1.3 二级吸收

二级吸收操作在二级吸收塔里进行, 吸收液

3% 硫化钠溶液 ( $\text{Na}_2\text{S}$ )。废气中的  $\text{NO}_2$  经二级吸收处理后, 大部分将被还原生成  $\text{N}_2$ 。

废气的  $\text{NO}_x$  经喷雾、一级吸收、二级吸收处理后排空。

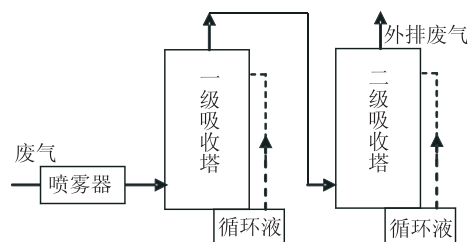


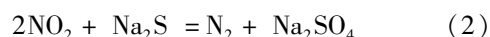
图 1 工艺流程图

## 2 工艺原理

喷雾和一级吸收过程中主要化学反应是废气中的  $\text{NO}$  被酸性  $\text{NaClO}_2$  氧化成  $\text{NO}_2$ 。



二级吸收过程中主要化学反应是废气中的  $\text{NO}_2$  被  $\text{Na}_2\text{S}$  还原成  $\text{N}_2$ 。



## 3 试验结果

### 3.1 试验室小试结果

试验室采用细铁丝与硝酸反应生成  $\text{NO}_x$  废气, 通过以上工艺流程的模拟装置进行试验, 得出了不同  $\text{NO}_x$  负荷条件下的处理结果, 见表 1。

表 1 喷雾预处理 + 二级吸收法工艺小试结果 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

序号	进口	喷雾处理后	一级吸收后	二级吸收后 (出口)	处理效率/%
1	1160	1041	474	137	88.2
2	1182	1036	511	158	86.6
3	1205	1048	510	183	84.8
4	2983	2671	1294	428	85.7
5	2988	2689	1425	486	83.7
6	3298	3172	1984	753	77.2



从表 1 可以看出,随着废气处理系统进口 NO<sub>x</sub> 浓度逐渐增高,处理效果有所下降,废气 NO<sub>x</sub> 浓度达到 2689mg/m<sup>3</sup>,处理效率为 83.7%;但当废气 NO<sub>x</sub> 浓度达到 3172mg/m<sup>3</sup> 以上时,处理效率 <80%。

### 3.2 工厂现场调试结果

根据改进的 NO<sub>x</sub> 废气处理工艺流程和试验室小试结果,在福建某不锈钢制品有限公司的酸洗车间现场安装、调试了多套二级溶液吸收法处理系统。该公司主要生产不锈钢线材,产量为 15 万 t/a,酸洗车间现设有酸洗槽 10 个,每 2 个酸洗槽共用 1 套 NO<sub>x</sub> 废气处理系统。

NO<sub>x</sub> 废气处理系统示意图基本与图 1 一致,整个处理系统采用 PPR 高分子材料制作,其中两级吸收塔内均装有 3m 鲍尔环填料,排气筒高 20m。

在高峰排放条件下,多次对 NO<sub>x</sub> 废气处理系统进行了调试和监测,监测结果见表 2。结果表明:对照《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)表 2 的二级标准限值(240 mg/m<sup>3</sup>),废气中 NO<sub>x</sub> 可以实现达标排放。

表 2 喷雾预处理 + 二级吸收法工艺在企业现场调试结果

(mg/m <sup>3</sup> )			
序号	进口	出口	处理效率/%
1	1120	151	86.5
2	1184	162	86.3
3	1175	174	85.2
4	1216	167	86.3
5	1230	191	84.5
6	1259	187	85.1

## 4 结论

本研究改进的酸洗废气中 NO<sub>x</sub> 处理工艺,对高浓度的 NO<sub>x</sub> 废气处理效果较好,仅采用两级溶液吸收处理,就能确保废气的达标排放。从处理效果和运行成本等方面考虑,本工艺将有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 李佳. 不锈钢线材盘卷的酸洗工艺 [J]. 轧钢, 2007, 24 (6): 46-50.
- [2] 徐杰. 不锈钢酸洗过程酸雾及 NO<sub>x</sub> 废气净化技术 [J]. 上海冶金设计, 2007, (4): 32-35.

## The Treatment of NO<sub>x</sub> Emissions of the Acid Pickling by Spraying and 2 times Absorption Process

ZHAO Gen-cheng , JIA Jin-song , JIANG Li-hua

(Changsha Environmental Protection Vocational College, Changsha Hunan 410004 China)

**Abstract:** This paper attempts to improve the treatment process of NO<sub>x</sub> emissions of the acid pickling, and puts forward spraying and 2 times absorption treatment process. The process theory, test results and other aspects of the process are discussed. This research can provide reference for treating the NO<sub>x</sub> emissions.

**Key words:** spraying; 2 times absorption; acid pickling; NO<sub>x</sub> treatment process

# 本地及周边地区污染排放对深圳市 夏季空气质量的影响

颜敏<sup>1</sup>, 李焕承<sup>1</sup>, 梁永贤<sup>1</sup>, 喻本德<sup>1</sup>, 刘宝章<sup>2</sup>

(1. 深圳市环境科学研究院, 广东 深圳 518001; 2. 北京大学环境科学与工程学院, 北京 100871)

**摘要:**运用 CALPUFF 模型对深圳及周边地区(东莞、惠州、番禺)污染源排放对深圳市空气质量的影响进行了模拟研究, 量化了各地区排放对深圳市二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)和可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)浓度的贡献, 分析了深圳本地各类污染源对环境空气质量的影响。结果表明, 虽然深圳本地排放量低于或接近外地源排放总量, 但对于这三项污染物, 本地源排放对污染物浓度的影响远大于外地源的影响, 贡献率达到70%~85%, 因此深圳市大气污染控制应以本地污染控制为主, 周边控制为辅。要改善深圳市环境空气质量, 应全面加强深圳市机动车、船舶、重点工业源、道路扬尘源和电厂污染控制, 并大力加强无组织排放面源污染控制。

**关键词:**空气质量; 区域排放; CALPUFF; 深圳

**中图分类号:** X820 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0088-04

高速发展的城市化和区域经济的一体化, 使得我国大气污染逐渐从局地污染向区域污染转变。京津冀、长三角和珠三角等城市群的区域性大气污染问题越来越突出, 表现出显著的区域性空气污染特征。张志刚<sup>[1]</sup>等利用二维欧拉统计模式模拟了北京、天津、河北省城市之间的污染传输, 得到北京大气环境中20%的PM<sub>10</sub>和23%左右的SO<sub>2</sub>来自北京周边地区; 马锋敏<sup>[2]</sup>等对北京及周边地区一次典型的大气污染过程进行模拟分析, 结果表明南部周边城市污染物的外源输入是造成北京重污染的主要原因; 程真<sup>[3]</sup>等模拟测算了长三角区域内城市间一次污染跨界输送的影响; 王淑兰<sup>[4]</sup>研究了珠三角城市群间污染物相互传输的特点和规律, 显示珠三角城市群区域性大气污染格局已十分显著。

深圳市位于珠三角中西部, 是珠三角的中心城市之一, 受区域性污染的影响, 深圳市环境空气质量通常表现出与周边城市较为一致的变化趋势<sup>[5]</sup>。因此, 为了改善深圳市环境空气质量, 不仅需要加强本地污染控制, 还需针对性地对影响深圳空气质量的周边区域采取控制措施。本文以深圳市为中心, 模拟研究深圳及邻近城市污染源排放对深圳市空气质量的影响, 为深圳未来大气污染防治和空气

质量管理工作提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究时段与区域

针对深圳市夏季典型时段(八月份)进行研究, 模拟时段为2009年8月。在珠三角城市群中与深圳毗邻的只有东莞、惠州两个城市, 夏季深圳地区以偏南风为主导, 其它城市不但离深圳较远, 而且都不在深圳市的上风或下风方向。因此, 研究范围以深圳市为中心, 包括深圳全部, 东莞、惠州、香港大部分地区, 广州、中山和珠海的少部分地区。模拟区域的原点坐标为东经113°33'15", 北纬22°14'50", 经线为X轴, 纬线为Y轴, 东西120km, 南北距离90km, 网格设置为60×45, 网格间距为2km。

### 1.2 模式介绍

本研究运用的 CALPUFF 模拟系统是由美国 EPA 推荐的用于模拟污染物在大气中传输行为的集成模式, 包括气象模式 CALMET、高斯烟团扩散模式 CALPUFF 和后处理软件 CALPOST 三部分。模型利用 CALMET 输出的气象场资料, 同时充分考虑下垫面对污染物干湿沉降的影响以及复杂地形的动力学效应及静风等非定常条件, 可以很好地模拟污染物在大气中的传输扩散行为。CALPUFF 模型在我国城市和区域尺度的大气污染模拟研究中已得到很好的应用<sup>[6-10]</sup>。

污染源资料是以经过本地化处理的美国环保署源排放模式 SMOKE 获得排放清单, 主要是由 0.5

收稿日期: 2012-11-01

基金项目: 深圳市环境科技计划项目(2009-2011)。

作者简介: 颜敏(1983-), 女, 海南东方人, 工程师, 主要从事环境大气研究。

度分辨率的网格化的 INTEX - B 2006 年东亚源排放清单<sup>[11]</sup>、通过 MODIS 卫星观测资料和 BEIS3 模式制作的天然源排放清单以及 2009 年本地化珠三角污染源排放清单<sup>[12]</sup>耦合在一起。气象资料来自广东省气候中心和深圳市气象局提供的 20 个地面自动气象站的监测结果和美国国家环境预报中心 NCEP 的高空气象资料。CALMET 根据质量守恒原理对风场进行诊断, 输出各网格的逐时风场、温湿度、混合层高度、大气稳定度等气象参数。

### 1.3 模式验证

将 2009 年 8 月的气象资料和源排放输入模式, 计算污染物浓度, 并与实测值进行对比。为消除物种初始浓度选取对模拟结果的影响, 本研究结果分

析从模拟开始 48h 后进行, 即 2009 年 8 月 3 ~ 31 日。以分布于深圳市不同区域的荔园 (福田区)、洪湖 (罗湖区)、荔香 (南山区) 监测站点为例, 比较  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  的逐日模拟效果 (见图 1)。其中, 荔园站  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  模拟值与监测值之间的 Pearson 相关系数 R 分别为 0.640、0.426、0.420, 洪湖站模拟值与监测值之间的相关系数分别为 0.573、0.443、0.456, 荔香站模拟值与监测值之间的相关系数分别为 0.738、0.242、0.663, 置信度水平均为 99%。各监测站点各污染物的模拟平均值与实测平均值的比值为 0.67 ~ 1.72。整体而言, 模型结果基本可以反映污染物浓度水平和变化趋势, 模拟结果可信。

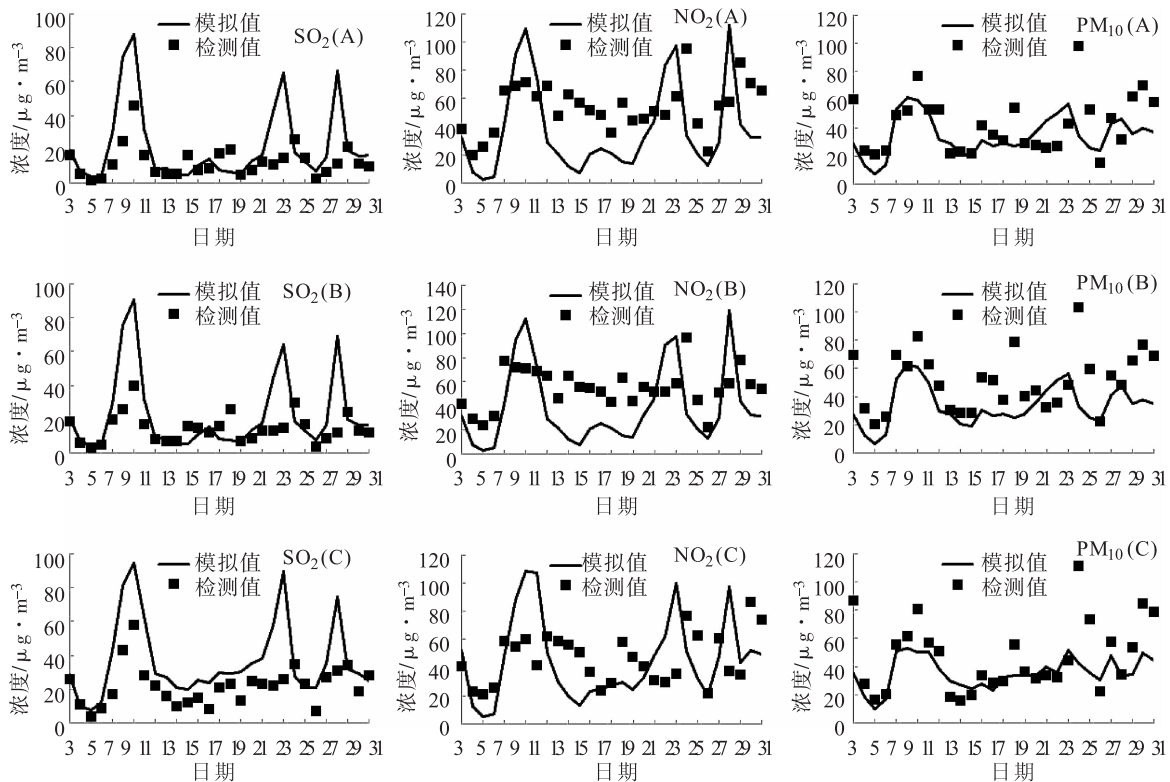


图 1 模拟值与实测值比较 (A荔园, B洪湖, C荔香)

## 2 结果与讨论

### 2.1 各地区污染源排放评估

主要对模拟区域范围内的深圳 (SZ)、东莞 (DG)、惠州 (HZ) 和广州番禺区 (PY) 等 4 个地区进行污染源排放评估, 其中, 东莞、惠州、番禺作为外地源代表城市。估算结果表明, 东莞排放的  $\text{SO}_2$  和  $\text{PM}_{10}$  远高于其他地区, 其次是深圳, 番禺的排放量最小;  $\text{NO}_x$  则是深圳的排放量最大, 其次是东莞, 惠州的排放量最小。本地源 (即深圳) 与外地源 (即其他

三个地区之和)  $\text{SO}_2$  排放量的比值为 1:3.9,  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{NO}_x$  相应的比值分别为 1:1.6 和 1:0.9。由于  $\text{SO}_2$  主要来自电厂排放, 模拟区域内东莞市拥有沙角电厂等大型发电厂, 而深圳市在“十一五”期间大力推进电厂海水脱硫及“油改气”等, 极大降低了  $\text{SO}_2$  排放;  $\text{PM}_{10}$  主要来自扬尘源, 其排放量与各城市建筑工地管理与道路清洁程度相关;  $\text{NO}_x$  主要来自机动车排放, 深圳市机动车保有量为 145 万辆 (2009 年数据)<sup>[11]</sup>, 在省内仅次于广州市, 导致深圳市  $\text{NO}_x$  排放量远高于其他邻近地区。

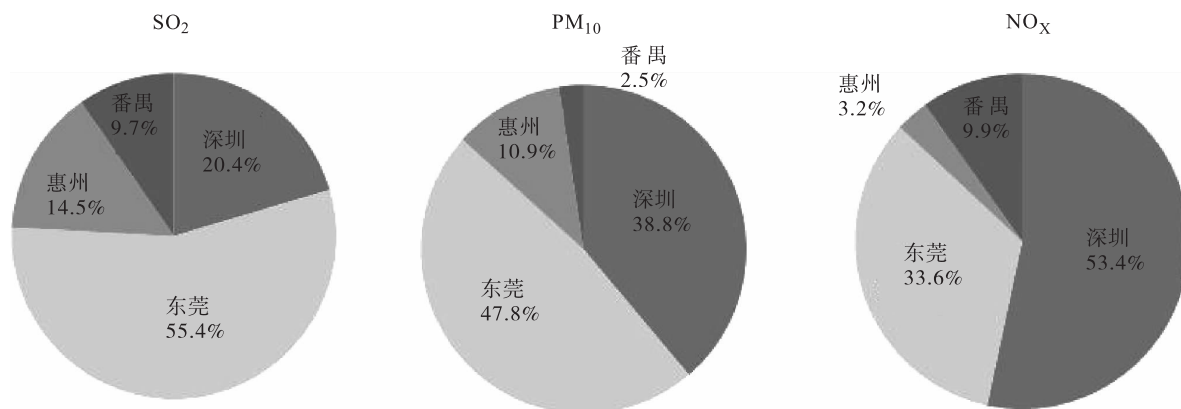


图2 4个地区SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>x</sub>排放量比较

## 2.2 各地区源排放对深圳市空气质量的影响

为了评估地区之间污染物排放的相互影响，本研究设置了敏感性试验，将各地区源排放人为削减20%，得到深圳受体站点的各个污染物浓度在削减前后的差值，再用该差值除以初始值，即得到该地区对受体站点的影响。将深圳市8个国控监测站点作为一个整体，通过平均方法估算各地区排放对深圳市SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和PM<sub>10</sub>平均浓度的影响，结果见表1。

表1 深圳市各污染物浓度受本地及外源影响的比例 (%)

	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>	
	深圳	其他城市	深圳	其他城市	深圳	其他城市
深圳 SZ	12.42	/	17.08	/	15.17	/
东莞 DG	/	3.84	/	2.04	/	3.40
惠州 HZ	/	1.68	/	0.41	/	1.14
番禺 PY	/	1.53	/	0.32	/	0.08
合计	12.42	7.05	17.08	2.77	15.17	4.62
相对敏感系数	63.79	36.21	86.05	13.95	76.65	23.35

对于二氧化硫，深圳减排20%可降低SO<sub>2</sub>浓度12.42%，其他地区影响程度按东莞、惠州、番禺依次减小，都处于较低水平，外地源排放的相对敏感系数为36.21%，表明如果现有源排放量削减20%，36.21%的浓度变化来自于外来源，63.79%来源于本地源。尽管深圳市排放的SO<sub>2</sub>仅占4个地区总排放量的1/5，但由于SO<sub>2</sub>寿命短，属于局地型污染物，所以深圳本市排放对自身SO<sub>2</sub>浓度贡献最大。对于二氧化氮，深圳减排20%可降低NO<sub>2</sub>浓度约17.08%，其他地区的影响比例仍很低，外地源排放的相对敏感系数仅为13.95%，相当于深圳NO<sub>2</sub>整体浓度变化量的89.57%来自本地源的削减。NO<sub>2</sub>的外来源传输对深圳的影响没有SO<sub>2</sub>显

著，主要原因是机动车贡献了很大部分的NO<sub>2</sub>排放，因机动车排放高度比较低，导致NO<sub>2</sub>在高空输送的比例较少，另外深圳地区的高机动车保有量使其本地影响更加突出。对于可吸入颗粒物，深圳减排20%可降低PM<sub>10</sub>浓度15.17%，外地源减排可降低PM<sub>10</sub>浓度4.62%，因此深圳市PM<sub>10</sub>整体浓度变化量的76.65%来自本地源削减，外来源的贡献仅为23.35%。这是由于PM<sub>10</sub>污染主要来自低矮面源的排放，不利于长距离传输，因此周边城市PM<sub>10</sub>排放对深圳市影响比例不大。

整体而言，要降低环境大气中SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和PM<sub>10</sub>浓度，加强深圳市本地污染源控制更加重要，东莞、惠州、番禺等外地源排放对深圳市空气质量的影响因不同污染物有所不同，本地源排放对深圳市三项污染物整体浓度的影响程度约达70%~85%。

## 2.3 深圳本地污染源的影响评估

根据深圳市的大气污染源清单，将污染源划分为电厂源、工业源、道路移动源（机动车）、非道路移动源（船舶）、道路扬尘源和面源等六大类。深圳市电厂和工业点源有693个，其中22个工业点源的污染负荷占点源总污染负荷的90%以上，为了更有利于控制方案设计和提高计算时效，只选取这22个点源作为研究对象，将其划分为重点工业源（13个）和电厂源（9个）。通过情景分析的方法，分析各类源对污染物浓度的贡献。

根据模拟结果，深圳本地面源、船舶、重点工业源和机动车对SO<sub>2</sub>浓度的贡献较大，电厂虽然是SO<sub>2</sub>的重要排放来源，但因排放高度较高，对当地空气质量的影响程度相对较低。值得注意的是，船舶排放对SO<sub>2</sub>有重要贡献，这与深圳是世界第四大集装箱港口密切相关。NO<sub>2</sub>主要受机动车源的影响，贡献率高达70.36%，因此，加强本地机动车

污染控制对降低  $\text{NO}_2$  浓度有重要意义。 $\text{PM}_{10}$  主要受道路扬尘源、面源和机动车源影响, 加强道路扬尘、面源中建筑扬尘和机动车源排放控制是降低  $\text{PM}_{10}$  浓度的有效途径。

表2 深圳市污染源对各污染物浓度的贡献率 (%)

	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_2$	$\text{PM}_{10}$
电厂源	5.41	2.30	0.40
重点工业源	13.19	2.85	0.14
道路移动源	8.42	70.36	13.53
非道路移动源	15.49	4.20	0.20
道路扬尘源	0.00	0.00	39.12
面源	19.49	4.71	24.05

### 3 结论

(1) 深圳市  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  浓度主要受本地源排放影响, 东莞、惠州、番禺等外地源虽然排放总量较大, 但对深圳市空气质量的影响远低于本地源。深圳本地源排放对三项污染物整体浓度的贡献达 70% ~ 85%。

(2) 在深圳市各类污染源中, 加强面源、船舶和重点工业源控制可有效降低  $\text{SO}_2$  浓度, 加强机动车源控制可有效降低  $\text{NO}_2$  浓度, 加强道路扬尘源、建筑扬尘面源和机动车源控制可有效降低  $\text{PM}_{10}$  浓度。

(3) 对于  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$  三项污染物, 环境空气质量改善应以深圳本地污染源控制为主, 周边地区控制为辅, 并需全面加强深圳市机动车、船舶、重点工业源、道路扬尘和面源控制。

#### 参考文献:

[1] 张志刚, 高庆先, 韩雪琴, 等. 中国华北区域城市间污染物

输送研究 [J]. 环境科学研究, 2004, 17 (1): 14-20.

- [2] 马锋敏, 高庆先, 周锁铨, 等. 北京及周边地区一次典型大气污染过程的模拟分析 [J]. 环境科学研究, 2008, 21 (1): 30-36.
- [3] 程真, 陈长虹, 黄成, 等. 长三角区域城市间一次污染跨界影响 [J]. 环境科学学报, 2011, 31 (4): 686-694.
- [4] 王淑兰, 张远航, 钟流举, 等. 珠江三角洲城市间空气污染的相互影响 [J]. 中国环境科学, 2005, 25 (2): 133-137.
- [5] 深圳市人居环境委员会. 深圳市环境质量报告书 (2006-2010 年度) [R].
- [6] 邹旭东, 杨洪斌, 刘玉彻. CALPUFF 在沈阳地区大气污染模拟研究中的应用 [J]. 气象与环境学报, 2008, 24 (6): 24-28.
- [7] 宋宇, 陈家宜, 蔡旭晖. 石景山工业区  $\text{PM}_{10}$  污染对北京市影响的模拟计算 [J]. 环境科学, 2002, 23 (增刊): 65-68.
- [8] Song Yu, Zhang Minsi, Cai Xuhui.  $\text{PM}_{10}$  modeling of Beijing in the winter [J]. Atmospheric Environment, 2006, 40 (22): 4126-4136.
- [9] 张雯婷, 王雪松, 刘兆荣. 贵阳建筑扬尘  $\text{PM}_{10}$  排放及环境影响的模拟研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2010, 46 (2): 258-264.
- [10] 夏广锋, 胡成, 周昊. 辽西北沙化土地起尘量估算及对沈阳大气环境影响的初步研究 [J]. 气象与环境学报, 2007, 23 (6): 57-61.
- [11] Zheng J, Zhang L J, Che W W, et al. A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region, China and its uncertainty assessment [J]. Atmospheric Environment, 2009, (43): 5112-5122.
- [12] Zhang Q, Streets D G. 2006 Asia Emissions for INTEX - B. Decision and Information Sciences Division [EB/OL]. [http://www.cgrer.uiowa.edu/EMISSION\\_DATA\\_new/index\\_16.html](http://www.cgrer.uiowa.edu/EMISSION_DATA_new/index_16.html).
- [13] 深圳市机动车环保网. 深圳汽车保有量直逼 150 万密度为中国内地第一 [EB/OL].

## Impact of Pollution Emissions from Local and Surrounding Areas on the Air Quality in the Summer in Shenzhen

YAN Min<sup>1</sup>, LI Huan-cheng<sup>1</sup>, LIANG Yong-xian<sup>1</sup>, YU Bende<sup>1</sup>, LIU Bao-zhang<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Academy of Environmental Sciences, Shenzhen Guangdong 518001 China)

**Abstract:** CALPUFF model was utilized to estimate the contributions of emissions from Shenzhen and the surrounding areas (Dongguan, Huizhou, Panyu) to air pollutants' concentrations in Shenzhen, i. e.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{PM}_{10}$ . The impact of a variety of local emission sources was also calculated. The results indicate that the contribution of local sources from Shenzhen to the three pollutants' concentrations is about 70% to 85%, which is much higher than the surrounding sources; while the emission situation is just the opposite. Therefore, a priority should be given to the local pollution control in air pollution control strategy, supplemented by the control in the neighboring area. In order to reduce the pollutants' levels, a comprehensive pollution control of motor vehicles, ships, major industry sources, road dusts and power plants of Shenzhen should be strengthened, together with strong control of the fugitive sources and non-point source.

**Key words:** air quality; regional emission; CALPUFF; Shenzhen

# 高校地表景观水水质现状评价

王琼<sup>1</sup>, 伍扬<sup>2</sup>, 魏燕芳<sup>1</sup>

(1. 华侨大学化工学院, 福建 泉州 362021; 2. 华侨大学实验室与设备管理处, 福建 泉州 362021)

**摘要:**以高校典型人工景观湿地及景观水体为研究对象, 根据 GB3838-2002《地表水环境质量标准》及 GB12941-91《景观娱乐用水水质标准》进行单因子水质现状评价。评价结果表明: 人工景观湿地水质劣于国家《景观娱乐用水水质标准》C类。从总磷(0.73 mg/L)、氨氮(1.38 mg/L)、叶绿素-a(0.085 mg/L)说明水体属于中-富营养化程度, 肉眼可见水体藻类大量繁殖, 水体长期呈现深绿色及深棕色, 感观较差。景观水体的水质整体较好, 可达到 GB3838-2002《地表水环境质量标准》IV类, 但不能达到景观娱乐用水水质标准 C类。针对这两种功能的景观水体污染现状提出治理建议。

**关键词:**水质现状; 评价; 富营养化; 治理; 建议; 高校

**中图分类号:** X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0092-05

高校校园景观水域是高校人文、生态绿地景观的重要组成部分。景观水体一般是在自然或人工的条件下构建而成, 主要用于校园景观、排水、绿地灌溉。随着人们对生态环境品质要求的不断提高, 开展对高校景观水体水质监测及对其进行现状评价, 将为今后高校景观湿地的规划建设提供环境生态质量参数。目前, 对校园景观水体和湿地等进行水质现状及环境评价的相关报道较少。本文通过对华侨大学厦门校区景观水域湿地的水质现状进行单因子评价, 提出校园景观水体的污染原因, 为高校景观水体污染及防控和治理提供基础数据和参考。

## 1 水质现状监测

### 1.1 水体特征

华侨大学厦门校区位于厦门集美区(东经 118.0769°, 北纬 24.4584°)。总用地面积 132 万 m<sup>2</sup>。北靠天马山, 南临杏林湾, 属亚热带海洋性季风气候, 温暖湿润, 雨量充沛。年平均温度 21.2℃, 平均最高温度 24.5℃, 最低温度 18.7℃。

本次水质评价对象是华侨大学厦门校区的人工景观水体(白鹭湖)和人工景观湿地水体(内环河)。内环河及白鹭湖是校内重要的人工河道和生态湖, 高校景观水体和湿地在调节校区的环境清洁用水、绿化浇灌、中水回用以及生态景观上起着重要作用。其中内环河水的水源主要有两部分: 一

部分(主要)来源是整个校区生活污水和教学实验楼废水, 经膜生物反应器系统中水处理后用于校园清洁、环境绿化浇灌后排放到河内的剩余水; 另一部分是校区内的雨水。内环河水域面积为 9150m<sup>2</sup>, 长约 610m, 宽 15m, 平均深度 1.17m。总容量约 1070550m<sup>3</sup>。河水流速平缓, 河道两岸人工种植多种水生植物, 属于典型人工生态湿地景观水体。

内环河溢流到白鹭湖, 白鹭湖湖面呈长椭圆状。现场测得的湖长约为 1300m, 湖宽约为 200m, 湖深 2m, 其水域容量约为 520000m<sup>3</sup>, 属于典型人工景观水体。

### 1.2 监测布点及监测时间

根据监测水域周边环境条件和河流断面垂线的布设原则, 分别在内环河的源头、中水回用排放口、生活污水排放口及五个横跨桥下的中心点和内环河水尾设置 10 个采样点。

白鹭湖由于水域整体呈长椭圆形态, 根据湖泊、水库监测功能垂线的布设方法, 在白鹭湖的进水口、出水口、湖岸、静水区等均匀设置监测垂线, 因为湖深 ≤ 5m, 只需在采样垂线上设置一个上层采样点, 共 10 个。两个水域的采样布点如图 1。本次监测时间从 2010 年 3 月至 2011 年 6 月, 平均每周监测 2 次。

### 1.3 监测项目及结果

根据监测水域的水源性质及景观功能, 采用 GB3838-2002《地表水环境质量标准》<sup>[1]</sup>及 GB12941-91《景观娱乐用水水质标准》<sup>[2]</sup>进行单

收稿日期: 2012-09-21

基金项目: 2011 年华侨大学校级教改项目(66660905), 厦门市科技计划项目(350Z20110008)。

作者简介: 王琼(1960-), 女, 高级实验师, 主要从事环境监测教学实验。

因子水质评价。结合水体富营养化程度划分及湖泊水库特定项目标准值<sup>[3]</sup>分别选择了温度、pH、嗅和味、悬浮物(SS)、色度、浊度、透明度、高锰酸钾指数、化学需氧量(COD<sub>Cr</sub>)、溶解氧(DO)、

五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、叶绿素-a(chl-a)、总磷(TP)、总大肠菌群、细菌总数16个监测项目。监测方法参考文献[4],监测结果分别见表1(内环河)和表2(白鹭湖)。



图1 采样点分布图

表1 内环河水水质监测结果

监测项目	方法摘要	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	平均
温度/°C	水银温度计	21	21	22.8	22	23	22	23	21.8	22.5	20.8	21.9
pH	奥利龙 828 型酸度计	7.38	7.47	7.65	7.87	7.57	7.98	8.54	8.18	9.18	9.18	8.10
嗅和味		有明显异臭										
SS/mg·L <sup>-1</sup>	直接重量法	76	60	50	84	78	49	73	86	49	112	71.7
色度/倍	稀释倍数法	40	40	30	40	80	60	40	60	110	110	61
透明度/m	塞氏盘法	0.57	0.44	0.54	0.50	0.49	0.32	0.53	0.31	0.24	0.27	0.42
浊度/NTU	奥利龙 AQ2010 浊度仪	21	20	10.3	9.4	13.7	12.7	22.0	33.0	45	48	23.5
高锰酸盐指数 / mg·L <sup>-1</sup>	酸性高锰酸钾法	6.94	1.35	16.8	9.13	7.08	5.58	9.21	8.37	9.31	8.91	8.27
COD <sub>Cr</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	重铬酸钾法	75.3	75.2	118.6	50.5	49.8	71.2	72.2	69.0	78.8	75.3	73.59
DO/mg·L <sup>-1</sup>	溶氧仪 (YSI550A)	4.86	4.41	4.86	6.67	5.76	5.00	4.73	4.89	3.10	0.59	4.49
BOD <sub>5</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	溶氧仪 (YSI550A)	5.03	4.90	4.35	6.67	5.86	5.76	4.89	4.86	4.86	5.85	5.30
NH <sub>3</sub> -N/mg·L <sup>-1</sup>	纳氏试剂比色法	1.04	1.04	4.15	1.62	0.86	0.85	1.06	0.85	1.21	1.13	1.38
chl-a/mg·L <sup>-1</sup>	丙酮萃取比色法	0.029	0.029	0.164	0.12	0.083	0.083	0.095	0.02	0.07	0.16	0.085
TP/mg·L <sup>-1</sup>	钼酸铵比色法	0.44	0.44	1.11	1.04	0.55	0.55	0.79	0.81	0.55	1.01	0.73
总大肠菌群 / ×10 <sup>6</sup> 个·L <sup>-1</sup>	多管发酵法	1.4	4.8	5.4	4.7	4.7	5.0	1.46	5.4	4.8	4.7	4.24
细菌总数 / ×10 <sup>3</sup> CFU·ml <sup>-1</sup>	革兰氏染色法	3.2	4.1	8.2	5.7	4.0	3.9	3.4	3.9	5.7	4.0	4.61

表2 白鹭湖水质监测结果

监测项目	方法摘要	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	平均
温度/°C	水银温度计	17.5	22.6	23.1	23.0	23.0	22.0	23.8	23.0	20.5	23.2	22.17
pH	奥龙龙 828 型酸度计	8.19	8.01	7.83	7.89	8.20	8.12	8.27	8.12	8.19	8.23	8.10
嗅和味		无明显异臭										
SS/ mg · L <sup>-1</sup>	直接重量法	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
色度/倍	稀释倍数法	25	20	40	18	25	45	40	70	50	35	36.8
透明度/m	塞氏盘法	0.55	0.55	0.80	0.40	0.67	0.70	0.55	0.55	0.70	0.70	0.62
浊度/NTU	浊度仪/AQ2010 型	63	63	71	60	46	57	52	55	56	62	58.5
高锰酸盐指数 / mg · L <sup>-1</sup>	酸性高锰酸钾	12.5	9.49	11.12	10.33	14.70	12.10	9.30	8.64	12.0	9.10	11.09
COD <sub>Cr</sub> / mg · L <sup>-1</sup>	重铬酸钾法	33.26	32.32	31.65	31.00	33.68	30.12	32.88	32.78	32.00	31.55	31.12
DO/ mg · L <sup>-1</sup>	溶氧仪/ (美国 YSI550A)	7.33	7.57	7.47	8.30	8.30	7.93	7.78	7.87	7.14	6.90	7.66
BOD <sub>5</sub> / mg · L <sup>-1</sup>	溶氧仪/ (YSI550A)	7.13	7.46	7.36	8.05	8.08	7.62	8.38	8.43	7.61	7.77	7.79
NH <sub>3</sub> - N/ mg · L <sup>-1</sup>	纳氏试剂比色法	0.85	0.85	0.80	0.70	0.69	0.79	1.09	1.02	1.21	0.82	0.88
总大肠菌群 / ×10 <sup>6</sup> 个 · L <sup>-1</sup>	多管发酵法	0.21	0.94	1.20	0.05	0.07	0.95	0.89	0.85	1.20	1.20	0.76
细菌总数 / ×10 <sup>3</sup> CFU · ml <sup>-1</sup>	革兰氏染色法	1.22	1.34	2.87	0.68	1.60	1.20	1.30	1.00	2.10	2.00	1.53

## 2 水质现状评价

### 2.1 对内环河水质的现状评价

根据 GB3838 - 2002 《地表水环境质量标准》、GB12941 - 91 《景观娱乐用水水质标准》、《湖泊水库特定项目标准值及水体富营养化程度划分》及《水体富营养化程度划分》进行评价, 结果如表 3。

表3 内环河水质的现状评价

	GB3838 - 2002 《地表水环境 质量标准》	GB12941 - 91 《景观娱乐用 水水质标准》	湖泊水库特定 项目标准值
温度/°C	正常	正常	-
pH	正常	正常	-
嗅和味	-	劣 C 类	-
SS/ mg · L <sup>-1</sup>	-	-	-
色度/倍	-	劣 C 类	-
透明度/m	-	劣 C 类	(富) V 类
浊度/NTU	-	-	-
高锰酸盐指数/ mg · L <sup>-1</sup>	IV 类	C 类	-
COD <sub>Cr</sub> / mg · L <sup>-1</sup>	劣 V 类	-	-
DO/ mg · L <sup>-1</sup>	IV 类	B 类	-
BOD <sub>5</sub> / mg · L <sup>-1</sup>	IV 类	C 类	-
NH <sub>3</sub> - N/ mg · L <sup>-1</sup>	IV 类	劣 C 类	-
chl - a/ mg · L <sup>-1</sup>	-	-	(富) V 类
TP/ mg · L <sup>-1</sup>	劣 V 类	劣 C 类	(中 - 富) IV 类
总大肠菌群/ ×10 <sup>6</sup> 个 · L <sup>-1</sup>	劣 V 类	劣 C 类	-
细菌总数/ ×10 <sup>3</sup> CFU · ml <sup>-1</sup>	-	-	-

从表 3 可以看出, 内环河水质基本呈中性至弱

碱性范围, 水体的色度、浊度、悬浮物都偏高, 透明度也较差。这是由于内环河做为校区的景观湿地水体, 同时也提供了地表水体的功能, 内环河主要水体为中水接纳水体及环境地表雨水径流汇集, 由于频繁施工, 河床底泥主体含污泥量较大, 引起颗粒物较高。

高锰酸钾指数、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub> 浓度也超过了 IV 类标准, 甚至达到劣 V 类, 说明水体中的有机污染物含量较高。这是由于内环河的主水源 (中水) 水质较差, 比较容易引起水体水质恶化, 人工湿地的水域整体流动缓慢, 人工湿地对有机污染的自净能力有限, 而且长时间缺少外部洁净水源的补充。

水体溶解氧监测数据表明水尾 (10# 采样点) 数据比其他采样点低 9 ~ 10 倍 (水尾 DO, mg/L ≤ 1.0)。偏低是由于水体中有机污染在水尾汇集并滋生厌氧微生物, 大量消耗水中溶解氧, 水尾是个静水区, 氧的扩散系数很小, 致使水体恶化加剧。从总磷、氨氮、叶绿素 - a 的监测数据可以看出水体属于中 - 富营养化程度, 肉眼可见水体藻类大量繁殖, 主要以蓝藻、甲藻为主, 水体长期呈现深绿色及深棕色, 尤以采样点 10# 的水尾区水质感官最差。

### 2.2 对白鹭湖水质的评价

从表 4 可以看出, 校园内的景观水体白鹭湖水体透明度偏低, 这可能是因湖岸四周植被不足, 因地表径流, 部分水土流失导致。水体物理指标如色



度、悬浮性固体较低,但水体没有明显的异味。

表4 地表景观水体(白鹭湖)水质的评价

	GB3838-2002 《地表水环境 质量标准》	GB12941-91 《景观娱乐用水 水质标准》
温度/°C	正常	-
pH	正常	-
嗅和味	-	B类
SS/mg·L <sup>-1</sup>	-	-
色度/倍	-	劣C类
透明度/m	-	劣C类
浊度/NTU	-	-
高锰酸盐指数/mg·L <sup>-1</sup>	Ⅳ类	劣C类
COD <sub>Cr</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	Ⅳ类	-
DO/mg·L <sup>-1</sup>	Ⅰ类	A类
BOD <sub>5</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	Ⅳ类	C类
NH <sub>3</sub> -N/mg·L <sup>-1</sup>	Ⅲ类	劣C类
chl-a/mg·L <sup>-1</sup>	-	-
TP/mg·L <sup>-1</sup>	-	-
总大肠菌群/×10 <sup>6</sup> 个·L <sup>-1</sup>	-	-
细菌总数/×10 <sup>3</sup> CFU·ml <sup>-1</sup>	-	-

由于通过内环河溢流进入白鹭湖的水量少,景观水体的交换能力较低,使得水体自净能力较差,BOD<sub>5</sub>值偏高。高锰酸盐指数较高主要源自有机污染物,污染可能来自内环河河水的溢流进入及湖岸土壤流失带入的有机物污染。

白鹭湖水质整体较内环河好,可达到GB3838-2002《地表水环境质量标准》Ⅳ类,但水体水质还是劣于GB12941-91《景观娱乐用水水质标准》C类。

总之,华侨大学厦门校区具有代表性的两大景观水域—人工景观湿地水体环校河及人工景观水体白鹭湖的水质整体均不容乐观,特别是人工景观湿地内环河的水质基本不能达到国家景观用水水质要求,水体自净能力较差,藻类大量繁殖,水体达到中—富营养化程度。景观水体白鹭湖的水质较内环河略好,主要是受益于自身水源较好,为通过人工湿地处理的溢流水。

### 3 污染防治及景观改进建议

#### 3.1 对人工景观湿地进行定期清淤

清除底泥并在低层铺设一层碎石及沙层,用于改善水体因长期聚集污泥造成的色度、浊度较大的问题。清理的污泥可作河岸植物花卉肥料,这样不仅对植物的生长有利,同时可以清除吸附于底泥的污染物。

#### 3.2 增大湿地水循环

水体自净能力差是因为内环河水体整体平缓,水流缓慢。为此增大水位落差和湿地的水循环量,为水域提供良好的溶氧环境,可大大提高水体COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>的生物降解能力和自净能力<sup>[5]</sup>。建议增设一至两个小型人工曝氧景观,在增加水体溶解氧的同时为水域增加景观效果。比如建造景观水车、小型多级阶梯落差水帘,亦可在水尾区建造小型喷水池。

#### 3.3 增加净化水质水生植物的栽培

水生植物在生态水处理中具有重要的功能。首先它能固着岸边的泥土,防止雨水的冲刷。其次,水生植物高低错落,形态各异,有很好的景观装饰效果。最重要的还是水生植物的水质净化作用,不仅能够有效地吸收水体中的氮、磷等元素,起到净化水质、美化环境的作用,例如荷花、水葱等挺水植物能吸收水底泥中氮、磷等营养元素,通过竞争途径抑制同样吸收氮、磷等营养元素的藻类的繁殖;还能阻挡和凝聚水中的悬浮物、高分子有机物,降低水的浑浊度。沉水植物、浮叶植物和漂浮植物也具有类似的功能,而且这种植物治污技术比其他处理方式的成本要低许多。水生植物对氮磷污染物有很强的吸收、分解净化能力,如再力花、黄昌蒲、美人蕉、狐尾藻、水葱、菖蒲、芦苇、灯心草、香蒲、花叶芦竹等可构成一个最佳植物系统,该系统对总氮的去除率可达47%<sup>[6]</sup>,可对内环河的水质净化起到很大的作用。但同时也应控制一些水生生物的生长量,避免过量繁殖带来进一步的环境问题。

#### 3.4 放养水生动物

采用生物控制措施抑制水体富营养化,如浮游动物水蚤类的增加,可以使作为其食料的浮游植物量减少,使整个水体的透明度随之提高,细菌减少,氧气平衡的水深分布状况改善。蓝绿藻不能被浮游动物捕食,可通过放养尼罗罗非鱼和鲢鱼来处理水体中过量增长的蓝藻,或者通过降低水体的pH值来控制这种藻类的生长<sup>[7]</sup>。

### 4 结束语

高校景观水环境是高校人文、生态环境的重要组成部分,能满足大学生对校园文化环境的心理要求。对华侨大学厦门新校区地表生态景观湿地和景观水环境进行监测与评价,可为其他高校的校园景观生态规划建设提供参考。

参考文献:

[1] GB3838-2002, 地表水环境质量标准 [S].

- [2] GB12941-91, 景观娱乐用水水质标准 [S].
- [3] 董德明, 朱利中. 环境化学实验 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [4] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版增补版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [5] 廖颖, 刘迎云, 陈小明, 等. 潜流人工湿地处理城市污水氮和有机物的研究 [J]. 水科学与工程技术, 2010, (1): 33-35.
- [6] 陈明利, 吴晓芙, 陈永华, 等. 景观型人工湿地污水处理系统构建及植物脱氮效果研究 [J]. 环境科学, 2010, 21 (3): 6601-665.
- [7] 林海, 周刚., 张彤晴, 等. 室内水生动物对蓝藻生长的抑制效果 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (30): 685-688.
- [8] 屠晓翠, 蔡妙珍, 孙建国, 等. 大型水生植物对污染水体的净化作用和机理 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (12): 2843-1844, 2869.

## Assessment of Current Landscape Water Quality in Universities

WANG Qiong<sup>1</sup>, WU Yang<sup>2</sup>, WEI Yan-fang<sup>1</sup>

(1. College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Quanzhou Fujian 362021 China)

**Abstract:** The typical artificial scenic wetland and the landscape water are studied in the paper. The water quality is assessed by the single factor method against the two standards. One is Surface Water Environmental Quality Standards (GB3838-2002), the other is Water Quality Standards for Landscape and Recreational Water (GB12941-91). The results show that the water quality of the artificial scenic wetland is worse than the Grade C of the latter national standards. The concentrations of total phosphorus, nitrogen ammonia and chlorophyll-a are respectively 0.73 mg/L, 1.38 mg/L and 0.085 mg/L, so the water is medium-highly eutrophicated. The growth of the algae is observed with naked eyes, and the water color is deep green or deep brown for a long time. It takes on an unpleasant look. Generally said, the water quality of the landscape water is relatively good, reaching Grade IV of the GB3838-2002 standards but failing to reach the Grade C of the GB12941-91 standards. This paper also proposes how to treat the two kinds of water body.

**Key words:** current water quality; assessment; eutrophication; treatment; suggestion; university

# 清镇市区空气质量评价与污染防治对策

杨文娟, 肖致强, 龙皓

(清镇市环境保护监测站, 贵州 清镇 551400)

**摘要:** 从典型工业污染源、市区扬尘来源、燃料燃烧、机动车尾气等方面对清镇市市区大气污染成因进行分析, 特别是采用 ADMS 模型对清镇市主城区周边 7 家典型工业污染源进行研究, 最后, 从工业布局、能源结构、工程治理、尾气控制方面提出相应的防治对策。

**关键词:** 空气质量; 评价; 防治对策; 清镇市

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0097-03

清镇市位于贵州省中部, 距省城贵阳 22km, 是贵州重要的工业基地。境内有中央、省、市属大中型企业近 20 家, 集化工、能源、磨料、磨具、纺织、冶金、采矿于一体。随着清镇经济的发展, 环境问题也日益突出, 相关部门已经意识到环境污染的严峻形势, 决定下大力气整治环境, 保护好清镇的青山绿水。本文就清镇市区的空气环境质量现状进行评价, 分析污染来源, 提出防治对策。

## 1 清镇市区空气质量评价

### 1.1 环境空气质量监测点位

清镇市区现有大气自动监测站点三个, 分别位于中医院、红枫大坝和环保局, 于 2010 年完成安装建设, 2011 年正式投入使用。其中, 红枫大坝监测点为清洁对照点, 中医院监测点为交通商业区, 环保局监测点为居民交通区。

### 1.2 空气质量监测结果

以 2011 年 1 月~2012 年 1 月 3 个监测点位的数据为基础, 主要分析 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub> 三类主要污染物对空气质量的影响。

图 1 为 2011 年清镇市区 3 个监测点位监测的三种大气污染物年均浓度对比图, 可以看到, 中医院监测点的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 的浓度最高, 环保局监测点的 PM<sub>10</sub> 最高, 3 个监测点的 SO<sub>2</sub> 浓度超过国家环境空气质量二级标准<sup>[1]</sup> (0.06mg/m<sup>3</sup>), 交通商业区的 SO<sub>2</sub> 污染最为严重。

由图 2 可以看出城区 SO<sub>2</sub> 污染严重, 全年月份污染物浓度均超过国家环境空气质量二级标准, 其

中, 1、2、11、12 月浓度较大, 这与天气转冷使用煤炭取暖有一定关系。城区 PM<sub>10</sub> 浓度高的月份出现在风沙季的 3、4 月份和采暖季的 12 月份, 接近国家环境空气质量二级标准限值, 其余月份符合国家二级标准。城区 NO<sub>2</sub> 污染较轻, 其浓度远低于国家环境空气质量二级标准, 表明市区大气污染仍然是煤烟型污染。

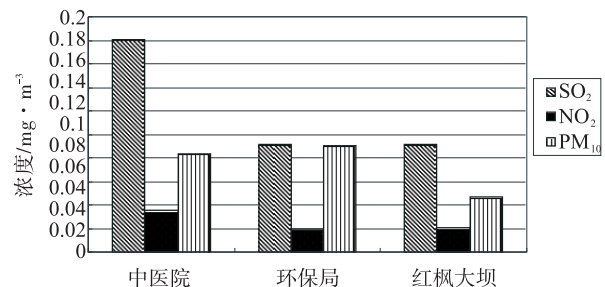


图 1 2011 年清镇市区 3 个大气监测点监测结果对比图

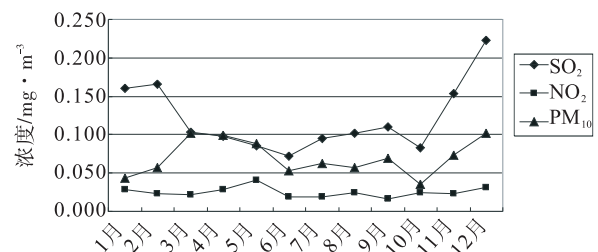


图 2 2011 年清镇市区 3 种污染物月均浓度变化趋势图

### 1.3 空气质量评价

由表 1 可见, 清镇市 2011 年四个季度 SO<sub>2</sub> 浓度值均超标, 为《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 二级标准的 0.4~1.55 倍; NO<sub>2</sub> 和 PM<sub>10</sub> 浓度值均达到《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 二级标准要求。

清镇市城区 2011 年全年 API 指数 ≤ 100 的天

收稿日期: 2012-09-17

作者简介: 杨文娟 (1984-), 女, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 环境监测。

通讯作者: 龙皓 (1971-), 女, 本科, 工程师, 清镇市环境保护监测站站长。

数为267d, 其中API指数≤50(一级)的天数为 53d, 具体见表2。

表1 2011年清镇市境空气质量现状评价表

(mg/m<sup>3</sup>)

季度	二氧化硫		二氧化氮		可吸入颗粒物	
	浓度	标准指数	浓度	标准指数	浓度	标准指数
一季度	0.143	2.38	0.024	0.30	0.068	0.68
二季度	0.085	1.42	0.029	0.36	0.080	0.80
三季度	0.102	1.70	0.020	0.25	0.074	0.74
四季度	0.153	2.55	0.026	0.33	0.070	0.70
全年	0.121	2.02	0.025	0.31	0.073	0.73

表2 清镇市城区2011年空气污染指数(API)统计表

空气污染指数 API	空气质量等级	空气质量状况	天数/d	比率/%
0~50	I	优	20	5.5
51~100	II	良	201	55.1
101~150	III1	轻度污染	142	38.9
151~200	III2	轻度污染	1	0.27
201~250	IV1	中度污染	1	0.27
251~300	IV2	中度重污染	0	0
>300	V	重度污染	0	0

由表2可以看出, 清镇市城区2011年空气质量以良为主, 优良率为60.6%, 但轻度污染的天数达到38.9%, 存在一定的空气污染问题。清镇市2011年环境空气质量首要污染物为二氧化硫的天数占总天数的73%, 首要污染物为可吸入颗粒物的天数占总天数的27%, 主要是二氧化硫污染<sup>[2]</sup>。

## 2 清镇市区大气污染成因分析

### 2.1 城区周边典型工业源对空气质量影响分析

清镇市风频有一定的季节变化, 主导风向冬季为东北风, 夏季为东南风。污染较大的水晶化工集团、贵阳煤气气源厂、五矿二分厂、陶瓷工业区均位于清镇市市区东南方向, 正是清镇市夏季主导风向的上风向, 污染物随风扩散, 对清镇市市区的大气环境影响明显。

采用ADMS模型对清镇市主城区周边7家典型工业污染源进行研究, 经模型计算分析, 水晶集团和五矿二分厂对清镇市主城区SO<sub>2</sub>年均浓度贡献达到了功能区标准(二级)的15%, 水晶集团对清镇市主城区PM<sub>10</sub>年均浓度贡献达到了功能区标准(二级)的10%, 表明这两家企业排放的SO<sub>2</sub>和烟尘是影响清镇市主城区大气质量的重要因素, 而作为清洁对照点的红枫大坝则受到贵州清镇鸿运、创新排放的SO<sub>2</sub>和烟尘的影响。

### 2.2 城区扬尘、燃料燃烧的影响

城区扬尘主要来源有施工造成的建筑扬尘和地面扬尘<sup>[3]</sup>。

造成建筑扬尘的主要原因一是料堆遮挡不严密, 容易造成起尘的物料、渣土外逸; 二是不能及时清理和覆盖建筑垃圾、渣土; 三是施工现场的路面不及时清扫、出入工地的机动车不及时冲洗等<sup>[4]</sup>。建筑尘已成为颗粒物污染的重要原因之一。

地面扬尘包括道路尘、裸露地面尘和堆放物尘<sup>[3]</sup>。目前, 清镇市有很多道路等级不高, 道路两旁和道路中间隔离带绿化区域的泥土往往高于绿化池沿, 晴天由于车速带动尘土飞扬, 雨天则成烂泥随地流淌。道路面积占整个城市面积多, 造成道路尘较大; 清镇市绿化水平较低, 道路两旁, 老居民区、城乡结合部存在大量的裸露地面, 未硬化和绿化的面积较大, 这也是形成颗粒物污染的重要来源; 粉煤灰和水泥的堆放场、垃圾堆放场、原煤堆放场是颗粒物的又一重要来源, 目前清镇主城区周边各类物料堆场较多, 并且大多数都没有采取有效的防尘措施。在不利的气象条件下, 堆放物尘对大气中颗粒物的贡献也很大。

近年来, 清镇市的饮食服务业发展很快, 市区就有数千家酒楼、饭店。尤其各种小型餐店和摊点、大排档见缝插针, 随意设点, 设备简陋, 而且大多分布在居民集中区, 烟囱低矮, 油烟绝大多数未经处理直接排放, TSP和SO<sub>2</sub>污染负荷显著。

### 2.3 机动车尾气的影响

随着清镇市经济建设的迅速发展, 市区机动车保有量在逐年增加, 清镇市城市建设布局的特点是主要交通干线都设在人口稠密的市区, 机动车数量不断增加, 使得道路交通设施条件渐显落后。再有, 车辆使用条件差, 维护保养制度不完善也加大了尾气污染的程度。最后, 监督管理工作比较薄弱, 监督执法力度也有待进一步加强。

### 3 防治对策

(1) 努力改善能源结构,提高天然气、电等清洁能源的使用比例,减少燃煤用量,推广水煤浆项目。加强社会宣传,鼓励公众监督,严格要求上规模餐饮经营单位100%安装油烟净化设施。

(2) 加快主城区周边产业结构和布局的调整,将工业尘较重的企业迁出主城区周边,逐步实现重点污染源自动在线监测和监控,加大水晶集团、五矿二分厂、贵州省创新实业、鸿运铁合金和陶瓷工业的尘污染治理力度,有效减轻烟尘的排放。

(3) 加强建筑施工工地和建筑材料原料场的管理,建筑工地周围必须用围挡封闭施工,建筑工地的道路和工地与市区道路相连接的道路以及材料堆放场地都必须按要求进行硬化处理,并在出入口处设置车辆冲洗设施,防止施工车辆带泥上路。努力改进原始的保洁方式,推广道路机械化洒水

清扫。

(4) 加强对裸露尘的管理,对煤炭、煤矸石、煤渣、煤灰、砂石和灰土等堆放物应洒水或用覆盖物覆盖,严禁在主城区乱倒和燃烧垃圾、沥青、油毡、橡胶、塑料和落叶等,推行生活垃圾袋装收集,密闭贮存,无害化处理,对裸露垃圾进行彻底清除。

(5) 严格控制机动车的尾气排放,制定严于国家的机动车尾气排放标准。

#### 参考文献:

- [1] GB3095-1996, 中华人民共和国国家标准 [S].
- [2] 马琳达. 贵阳市“十一五”期间环境空气质量现状、变化趋势及对策 [J]. 北方环境, 2011, 23 (7): 80-81.
- [3] 赵光荣. 乌鲁木齐市扬尘污染现状及控制对策 [J]. 干旱环境监测, 2005, 19 (2): 95-97.
- [4] 郝瑞彬. 我国城市扬尘污染现状及控制对策 [J]. 环境保护科学, 2003, 29 (6): 1-3.

## Air Quality Assessment and Its Prevention and Control for the Urban Center of Qingzhen City

YANG Wen-juan , XIAO Zhi-qiang , LONG Hao

(Qingzhen City Environmental Monitoring Station, Qingzhen Guizhou 551400 China)

**Abstract:** The causes of the air pollution in the urban center of Qingzhen City are analyzed from its typical industrial pollution source, dust source, fuel combustion and the exhaust gas of the vehicles. The ADMS model is applied for studying the pollution sources of the seven industrial enterprises nearby the urban center. The prevention and control measures are proposed in regard of the industrial layout, energy structure, treatment engineering and exhaust gas control.

**Key words:** air quality; assessment; prevention and control countermeasure; Qingzhen Municipality

# 云南省“十二五”期间重点建设项目环境影响评价相关问题及对策研究

和丽萍<sup>1</sup>, 张萍<sup>1</sup>, 王瑞波<sup>1</sup>, 陈玥<sup>2</sup>, 范建<sup>2</sup>

(1. 云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034; 2. 云南省发展和改革委员会, 云南昆明 650041)

**摘要:** 在分析“十二五”期间云南省重点建设项目工程特点及环境影响特征的基础上, 从建设单位、环评文件编制单位、环评文件审批部门、工程可研编制单位等层面, 系统分析了在推进建设项目环评文件编制与审批方面存在的问题, 并从认识提高、政策制定、环评文件质量提高、环评管理制度健全、环评审批长效机制建立等方面提出了相应的对策。

**关键词:** 重点建设项目; 环境影响评价; 行政审批; 问题; 对策; 云南省

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0100-06

重点建设项目是指国家和省大中型基本建设项目及限额以上技术改造项目中经省政府确定的对国民经济建设和社会发展有重大影响的骨干项目。云南省的重点建设项目制度自从1996年开始实施以来, 项目的数量、投资额度不断加大, 项目类型不断增加, 使得云南省经济社会发展的外部环境逐步得到改善, 并有力支撑全省经济社会的快速发展。

环评审批是建设项目行政审批的重要阶段, 环评报告编制是环评审批的必要前置过程, 环评报告是环评审批的必要的技术支撑文件。项目环评工作能否有序地推进, 直接影响到建设项目的行政审批及开工建设。然而, 回顾“十一五”期间重点建设项目的行政审批状况, 因项目建设单位对环评工作的重要性及必要性认识程度较低、委托环评文件编制的时间滞后、环评文件编制周期较长、环评文件质量参差不齐等原因, 在一定程度上影响了建设项目行政审批。

本文研究的目的是识别建设项目环评编制与审批阶段存在的主要问题及成因, 找寻解决这些问题的有效途径, 从而积极推进“十二五”期间重点建设项目建设前期工作的步伐。

## 1 “十二五”期间云南省重点建设项目环境影响评价特征分析

对云南省“十二五”期间重点建设项目集群库中列出的11类、1563个项目进行了归类、分析, 从中选出“十二五”期间拟实施的数量多、投资大、

项目建设可能引起环境污染及生态破坏问题的、可能与国家关于环境影响评价相关规定及产业政策有冲突的5大类、16小类项目, 逐一地对这些项目的行业特点、环境影响特征进行分析, 详见表1。

对以上项目类型的环境影响特征进行归纳分析后, 总结“十二五”期间重点建设项目可能面临的环境影响问题, 归纳出可能影响环评文件编制与审批的主要因素, 具体包括以下几方面:

(1) 线状、生态类项目包括综合交通类中的公路、铁路项目, 水利类的引水工程项目、城市建设类中的城市交通、市政设施, 能源类中的电网项目。可能影响环评文件编制与审批的主要因素有: 项目选址可能涉及环境敏感区(包括自然保护区、风景名胜区、饮用水水源区、重要生态功能区及生态敏感区, 等等)、沿线珍稀动植物的保护、常住人群的移民安置, 等等。

(2) 点状、生态类项目包括水利类的水库项目、能源类的水电项目。可能影响环评文件编制与审批的主要因素有: 项目选址可能涉及环境敏感区, 流域水电开发规划的相符性、淹没区常住人群的移民安置、特殊/珍稀动植物保护、上下游用水及生态流量问题, 等等。

(3) 面状、生态类项目包括综合交通类的机场项目、能源类的煤炭开采项目、工业类的有色金属采选业项目。可能影响环评文件编制与审批的主要因素有: 项目选址可能涉及环境敏感区, 机场大面积土地硬化后对地下水补给的影响, 坑(井)采项目应关注坍塌对地下水环境的影响问题; 涉及占用基本农田的, 必须实行“占一补一”。

收稿日期: 2012-09-26

作者简介: 和丽萍(1974-), 女, 云南丽江人, 硕士, 云南省环境科学研究院高级工程师, 主要从事环境管理与政策研究。发表论文30余篇。

表1 云南省“十二五”期间重点建设项目环境影响特征分析

项目类型	工程特点	项目环境影响评价需要关注的主要环境要素	可能影响环评文件编制与审批的主要因素	
1. 综合交通	1.1 铁路	工程量大、施工战线长、技术门类多、专业种类多、配套工程多、施工条件复杂、投资大、工期长	生态、噪声、地表水、固体废弃物、振动，电磁辐射、大气和社会经济	项目选线涉及环境敏感区以及征地拆迁及人群安置问题
	1.2 公路	为线状工程、线长点多面广、地理跨度较大、敏感点分散	生态环境、景观与视觉、噪声、环境空气、社会经济、野生生物等	项目选线涉及环境敏感区以及征地拆迁及人群安置问题
	1.3 机场	具有规模大、工期长、专业多、结构复杂、公益性强	噪声、生态环境、水、大气、固体废弃物、社会环境	征地拆迁及人群安置；涉及占用基本农田的，必须实行“占一补一”；大面积土地硬化后对地下水补给的影响
2 城市交通	点多面广、投资高、建设周期长，敏感点分布广、且往往穿越居民区生活区和行政办公区等人群密集的地点	生态环境、景观与视觉、噪声、环境空气、文物古迹	交通路线与城市总体规划、城市道路专项规划的相符性；工程占地及噪声的敏感点（区）及敏感因子（目标）保护涉及的征地拆迁及人群安置	
3. 能源	3.1 水电	投资大、周期长，受地形条件限制，多数情况下场址无选择性，可能涉及多种环境问题	水文、泥沙、局地气候、水环境、环境地质、土壤环境、陆生生物、水生生物、生态完整性与敏感生态环境问题、大气环境、声环境、固体废物、景观和文物、移民	流域水电开发规划的相符性、淹没区常住人群的移民安置、特殊/珍稀动植物保护、上下游用水及生态流量问题。国际河流上建设水电站，还应注意防止国际纠纷的社会影响
	3.2 火电	建设工期较长、投资规模较大，电厂场址的选择需要同时考虑与煤炭场的距离、水资源等支撑条件	环境空气污染，其次还包括地表水、地下水、声环境等。烟气中主要为二氧化硫、氮氧化物、TSP，废水中应重点关注 pH、SS、F <sup>-</sup>	是否符合产业政策要求、是否符合城市规划、厂址是否可行、大气污染物无组织排放的大气环境防护距离，以及防护距离范围内的常住人群搬迁等
	3.3 煤炭	涉及面广、项目规模大、周期长、资金占用多、内容复杂等	废水、废气、工业和交通噪声、固体废物、场址占地、地下水抽排、地表沉降等，以及各种临时、永久地改变环境因素功能的建设与生产活动	是否属于环境敏感区、露采项目应关注尾矿库的选址及环境安全问题、坑（井）采项目应关注坍塌对地下水环境的影响问题
	3.4 电网	为线状工程、线长点多面广、地理跨度较大、敏感点分散；在项目审批、线路路径、走位、用地、电力设施保护等方面的手续繁杂	拆迁安置、噪声、施工扬尘、废污水、水土保持等内容。运行期环境影响主要包括：输变电电磁环境影响、生态环境影响、噪声环境影响、输变电工程占地、占用农田及基本农田的环境影响	项目涉及环境敏感区、与电网建设规划的相符性、线路穿越山区对珍稀动植物的影响
3.4 水利	工程投资大、周期长，受地形条件限制，多数情况下场址无选择性，可能涉及多种环境问题；引水工程线长点多，地理跨度较大，敏感点分散	水文、泥沙、局地气候、水环境、环境地质、土壤环境、陆生生物、水生生物、生态完整性与敏感生态、景观与文物、移民安置	水库淹没区常住人群移民安置、珍稀动植物保护、上下游水资源利用及生态流量	
4 工业	4.1 化学原料及化学制品制造业	产品种类较多，不同产品的生产工艺及装备产生的污染物以及对环境的影响程度均不同	水环境、空气环境、化工废渣及噪声以及环境风险防范	与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性，渣场选址的环境可行性，主要污染物排放总量指标的落实，大气环境防护距离及防护距离内的常住人群搬迁
	4.2 有色金属冶炼及压延加工业	从工艺技术角度讲该类工程具有工艺流程长、工艺复杂、技术难度高等特点，从项目建设角度讲具有投资高、施工工序复杂、周期长，对设备和构筑物的耐腐蚀等级要求高	过渡依赖资源、能源消耗；环境污染依然严重，“三废”排放总量较大，处理效率低；存在水资源调配控制欠合理、单位产品耗水量大、水重复利用率低等共性问题；水资源短缺已经成为限制发展的瓶颈	项目与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性，渣场选址的环境可行性，主要污染物排放总量指标的落实，大气环境防护距离及防护距离内的常住人群搬迁

续表

项目类型	工程特点	项目环境影响评价需要关注的主要环境要素	可能影响环评文件编制与审批的主要因素	
4 工业	4.3 黑色金属冶炼及压延加工业	工程规模大, 需要有庞大的原料、燃料和工业水源、外部运输、能源的支持基地或配套设施; 建设周期长, 需要集中大量技术力量	会产生大量有害气体、有毒废水和工业残渣垃圾, 对环境有严重污染	项目与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性, 渣场选址的环境可行性, 主要污染物排放总量指标的落实, 大气环境防护距离及防护距离内的常住人口搬迁
	4.4 非金属矿物制品业	建设阶段具有投资高、占地面积大、工艺流程复杂等特点; 生产条件下具有的物耗、能耗高、废气污染重	矿场开采面积大, 对植被破坏较大; 生产过程中废气排放最大, 二氧化硫、烟尘、粉尘、和氟化物较多; 部分产品生产废水成分复杂、处理难度大、对环境污染严重; 固体废弃物量大、重复利用率低	项目与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性; 废水排放量大, 主要污染物排放总量指标的落实; 含氯废渣渣场的环境可行性(因氯极易溶于水); 氯气泄漏的环境风险控制
	4.5 农副食品加工业	厂区占地面积大, 机械化程度低、生产用构筑物多	建设过程中对环境的影响较小; 生产过程对环境的影响较大, 漂洗、清洗废水产生量大, 腌制等精加工工序产生的废水有机物含量高	项目与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性, 主要污染物排放总量指标的落实, 企业用水对区域水资源的影响, 废水排放对区域水环境的影响
	4.6 有色金属采选业	占地面大、项目规模大、周期长、资金占用多、内容复杂等特点, 有的矿场还具有边施工边生产、管理难度大	地表植被破坏产生水土流失、选矿废水尾砂库溢流水事故排放、井下水的排放和磨矿、尾矿库产生的扬尘。以及尾矿库溃坝引起环境潜在危害	场址选择是否涉及环境敏感区、尾矿库选址的环境可行性

(4) 点状、污染类项目包括能源类的火电项目, 工业类的化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业、黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、农副食品加工业等项目。可能影响环评文件编制与审批的主要因素有: 项目与国家产业政策及相关文件、行业准入条件的相符性, 项目选址及渣场选址的环境可行性, 主要污染物排放总量指标的落实, 卫生/大气环境防护距离及防护距离内的常住人口搬迁, 环境风险评价及应急预案, 等等。

## 2 影响建设项目环评文件审批的主要问题分析

在对我国环境建设项目环境管理体系和环评文件编制要求及审批程序进行系统地梳理与学习, 对“十一五”期间影响建设项目环评文件审批的主要问题及原因进行回顾与总结, 对“十二五”期间拟开展的建设项目的工程特点及环境影响特征进行归纳、分析的基础上, 本研究认为可能影响“十二五”期间环境文件编制及审批的主要问题可归纳为以下几个方面。

### 2.1 相关部门的环保意识与对环评的认识程度不高

网站是环评相关法律法规与政策宣传的主要途径及方式, 其余宣传途径很少, 有些建设单位不知道与建设项目环评相关的法律法规, 往往对环评

文件的法律地位及作用认识不足甚至错误。有些地方政府仍将发展地方经济作为头等大事, 为了片面追求经济发展, 不重视建设项目的环境影响问题。绝大多数建设单位对环评文件编制与审批程序缺乏了解, 委托环评文件编制的时限普遍滞后, 部分建设单位重视环评文件审批工作而不重视环评措施的落实。建设单位在项目前期工作中未发挥其作为环评责任主体的作用, 未做好相关咨询单位之间的沟通联络工作。

### 2.2 环评文件编制与审批面临诸多政策性制约因素

能源类中的煤炭、水电、火电项目, 工业类中的化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业、黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、农副食品加工业、造纸与纸制品业、有色金属采选业、石油加工、炼焦业等项目建设必须符合《产业结构调整指导目录(2011年本)》等相关政策。与项目相关的规划及规划环评的执行不到位, “十二五”专项规划环评的进展状况将影响到项目环评审批, 部分建设项目环评与相关规划及规划环评的相符性存在问题。国家要求污染物既减存量又减增量的大背景下, 污染物总量指标仍将成为环评难以审批或不能满足审批要求的因素。“十二五”重点建设项目中的工业类项目环评, 可能



会因项目与相关行业准入条件的相符性，制约环评文件的审批。

### 2.3 项目选址（线）涉及敏感区及敏感目标带来的问题

现行的《建设项目环境影响评价分类管理名录》比以往更加强调建设项目所处环境的敏感性，建设项目是否涉及环境敏感区，直接关系其环境影响评价的类型，关系到建设单位在人力物力上的投入，关系到项目环评文件编制的难度及工作周期要求，关系到项目环评是否能获得行政审批。项目选址涉及敏感区的项目较多，对环评文件编制与审批要求较高。“十二五”期间铁路、公路、电网、引水工程及水电等项目，工程选址、选线需要考虑投资成本而环境敏感区的分布不因人的意志为转移而存在，可能会涉及以上环境敏感区，将成为“十二五”期间重点建设项目环评文件编制、评估与审批的难点之一。公路、铁路、机场等综合交通、城市建设、社会事业、能源、工业等项目环评阶段，均可能涉及人群搬迁问题，搬迁方案制定与落实耗费大量时间与精力，因此可能会影响环境文件编制的进度。

### 2.4 部分建设项目环评文件编制质量存在较大问题

项目可研深度不够，对项目选址的环境可行性论证不充分，对与国家及云南省相关政策的相符性缺乏考虑，有些可研编制文本中对环评关注的问题没有交待清楚，仅从工程角度考虑项目的可行性，没有考虑项目选址及建设内容、规模是否符合国家相关政策，没有考虑项目的环境可行性，因此有些可研报告不能很好地支撑环评过程中开展工程分析以及相关环境影响分析，环评报告编制者需要补充、落实的内容较多，由此造成环评编制耗时较长。

部分环评机构编制的环评文件深度和质量都不能满足相关规范要求，从而影响环评文件技术评估、审批，极大地制约了重点建设项目前期工作的进度。环评文件编制中存在的问题主要有：对法规、政策、规划等的要求把握不准确；对项目环境影响特征分析与评价重点及等级确定不准确；工程分析不透彻；环境现状调查不翔实，监测不规范；环境影响预测主观随意性较大；环保措施与环保要求针对性、可操作性不强；环评文件内容追求泛而全，没有突出重点；评价结论模糊。部分环评文件编制进度滞后、环评文件质量不高的原因主要是由

于环评市场不正当竞争、责任心不强、专业素质不高、管理制度不健全、环评对项目选址没有起到应有作用等方面的因素造成。

### 2.5 环评管理制度不尽完善影响环评文件编制与审批工作

不同职能部门承担的环保法律责任不对称，环评相关法律法规中项目立项部门及建设单位的法律责任有限，相关部门对环保相关法律法规执行程度不一致，而环评单位及审批部门需要承担环境违法的法律责任。一些技术导则中的现状监测周期较长，影响环评文件编制的进度，国家层面上不断地对环评技术导则与规范进行推陈出新，环评工程师在开展项目环评工作过程中需要不断地了解、学习最新出台的技术导则与规范，并应用到项目环评文件编制中，因此耗费大量的时间，影响环评工作进度。

实行备案制的建设项目，往往在项目开工前才委托编制环评文件，待环评文件编制阶段，项目可行性研究报告及初步设计、施工图设计及施工招投标工作均已完成，项目的厂（场）址、生产工艺与规模等均已确定，如在环评文件编制、评估与审批阶段发现项目的厂（场）址、生产工艺与规模不合理，与国家现行的相关法律法规与政策不相符，调整的难度较大，需要消耗的时间周期均较长，成为目前审批重点建设项目环评文件编制与审批进展缓慢的主要原因之一。

### 2.6 促进重点建设项目环评的长效机制尚未形成

由于建设单位对环评法律法规及工作流程不了解，向环保部门进行咨询沟通及委托环评单位开展环评工作严重滞后，环保部门及环评单位一般是在项目可研报告已编制完成，正在准备申请立项审批的阶段才了解与介入绝大部分建设项目。建设项目环评相关的部门之间缺乏有效的协调沟通，落实项目选址选线、建设内容及规模、生产工艺与装备等相关部门及相关法律法规政策的相符性问题，需要花费大量的时间，由此而延误环评工作周期。信息交流与资料获取渠道不顺畅，部门制定政策、规划及条例之间没有很好地相互衔接，环评单位收集到相关资料存在一定难度。推进环评文件编制及审批进度的机制不健全，建设项目业主与环评单位之间主要通过双方签订的合同来约束，还没形成更有效的约束机制，普遍存在有些环评单位没有严格按时提交环评文件的现象。建设项目后评价机制还没有很好地贯彻落实，尚未对环评文件审批后再调整方案的

建设项目开展环境影响跟踪与评价。

### 3 推进云南省重点建设项目环评文件审批的对策与建议

#### 3.1 加大宣传教育,提高对项目环评的作用认识及责任意识

进一步加强宣传与学习环评法律法规及相关政策,熟悉各个阶段的工作流程及要求,并确保能够灵活应用到日常工作中。建议由环保部门组织编制建设项目环境影响评价工作指南及工作手册,并通过多种途径公开发布,实现信息共享,以便指导管理部门、建设单位与环评单位日常工作的顺利开展。提高建设单位的责任意识,发挥其作为项目环评责任主体的作用,千万不可“一委”了之,委后不问,委而不管。根据环评工作流程及相关规定,建设单位在项目环评及审批过程中应开展的具体工作及关注点可总结为如下几方面:了解建设项目立项的相关要求;落实项目与相关规划的相符性;考虑场(厂)址的环境可行性以及建设内容与规模、生产工艺及装置等与国家与地方相关政策与规划相符性;项目环评文件类型的确定,弄清该建设项目环评文件审批的权限以及环评文件编制机构的资质要求;环评文件编制的委托,协助环评单位开展相关工作。强化环评单位的责任意识、树立大局观念,既要为建设单位服好务,又要为公共利益把好关,还要为自身行为负好责。

#### 3.2 提前解决与项目环评相关的政策性制约因素

按照国家产业政策和环境准入条件对建设项目进行筛选优化,对国家及云南省相关政策及文件规定的项目,重点建设项目投资主管部门才能同意前期工作,同意该项目启动前期工作。规划先导,落实建设项目与规划的相符性,启动“十二五”专项规划环评的编制与审查工作,各级政府应发挥在推动规划环评中的重要作用。环评审批部门要严格执行主要污染物总量控制制度,优先保障重点建设项目主要污染物排放指标,尝试采取主要污染物排污权交易措施。

#### 3.3 科学做好建设项目选址(线),努力避开环境敏感区

项目选址(线)必须避开国家禁止建设项目的的环境敏感区,尤其是铁路、公路类项目因线路较长,很可能会涉及环境敏感区问题,项目立项审批部门及建设单位应重点关注。建设项目选址(线)在保护区实验区内建设的未征得相应保护区主管部门同意的项目以及国家重大工程选址选线确实无法

避开而必须穿越、跨越或占用风景名胜区的的项目,建设单位应在项目立项准备及项目可研报告编制阶段,提前与上述环境敏感区的管理部门进行沟通、协调,必要时争取项目立项审批部门及行业主管部门的协助。涉及人群搬迁的重点建设项目,建设单位应积极做好向当地政府的汇报工作,争取获得当地尽可能大的支持,提前编制搬迁方案,以免影响项目环评文件技术评估及审批的进度。

#### 3.4 加大环评管理,督促提高项目可研及环评文件的编制质量

可行性研究报告及项目申请报告是编制项目环评文件的基础性技术文件,水土保持方案、水资源论证报告、地质勘查报告、地质灾害危险性评估说明书也是环评文件编制的重要依托,以上支撑性资料质量和对环境保护理念的贯彻是确保环评文件编制质量、提高编制效率的关键,因此项目立项部门及建设单位应加强督促项目可研报告质量。建立技术顾问组加强对项目环评文件编制工作的技术指导,发布“十二五”期间重点建设项目环评文件编制要求,加强对环评工程师的业务培训,尝试建立云南省省级环评从业人员资格准入制度。环评工程师应认真编制环评文件,确保质量及时限。

#### 3.5 建立健全重点建设项目环评管理制度

出台相关规定,进一步明确环境影响评价管理中有关部门、建设单位、评价单位、技术评估单位、设计单位、施工单位、监理单位的责任、权利和义务。开展重点建设项目环评前期研究,对项目建设对环境可能造成的影响进行系统研究与分析,得出的研究结论可作为政府部门及项目建设单位决策的重要依据。开展水利、化工、有色金属、公路等方面的地方性环评技术规范的应用性研究,以及地下水、大气环境、生态环境等方面的技术导则的应用性研究,在研究成果的基础上,发布地方性环评技术导则与规范。设立重点建设项目环评单位资格准入要求,严格执行质量不合格环评文件复审制度,加强对承担重点建设环评文件编制业务的环评机构的日常监督,环保部门不定期地对重点项目环评编制情况进行抽查,发现问题及时通报,督促整改。

#### 3.6 建立健全推进重点建设项目环评审批的长效机制

建立环评先期介入及预环评机制,及时地调整项目选址、项目建设内容及规模、生产工艺及装置等;严重不符合国家法律法规及云南省相关政策

的项目,应立即终止。完善项目环评审批相关的职能部门之间的协调工作,建立重大建设项目环评审批联席会议制度,建立重点建设项目立项审批部门与环评文件审批部门联动机制,开展重点建设项目环评审批主题式推进工作。建设重点建设项目环评文件审批业务协调系统,建立环评文件审批电子政务系统。完善重点建设项目环评审批“绿色通道”,环评文件审批部门应提前介入,为依法及时审批环评文件创造条件,简化环评文件评审形式。建立重点建设项目环评相关事宜督办制,重点建设项目建设单位应明确具体负责人,重点负责开展与环评审批相关的协助工作。启动建设项目环评的后评价机制,推进重点建设项目准备阶段及实施竣工阶段的环评问题研究,来继续推进重点建设项目的环境管理工作。

参考文献:

- [1] 宋歌. 关于环境影响评价几个问题的探讨 [J]. 环境保护科学, 2006, 32 (3).
- [2] 翁良善. 环境影响评价工作中存在的问题及对策 [J]. 环境管理, 2010, (3).
- [3] 何新春, 徐福留. 环境影响评价中部分标准存在的问题及对策 [J]. 环境污染与防治, 2007, 29 (6).
- [4] 陈航, 寿智振. 论规划环境影响评价的现状问题及建议对策 [J]. 环境污染与防治, 2010, 32 (10).
- [5] 李宏, 王漫雪, 代树峰. 浅谈环境影响评价存在的问题及对策 [J]. 云南环境科学, 2005, 24 (S1).
- [6] 陈雷, 殷建平, 刘珩, 等. 我国现行环境影响评价制度面临的问题与对策 [J]. 四川环境, 2010, 29 (3).
- [7] 耿海清. 中国环境影响评价管理的现状、问题与展望 [J]. 环境科学与管理, 2008, 33 (11).
- [8] 马阁华, 刘凤英, 宗艳丽. 中国环境影响评价制度存在问题及对策探讨 [J]. 环境科学与管理, 2010, 35 (7).

## A Research on Problems Related to Environmental Impact Assessment of Major Construction Projects in Yunnan during “Twelfth Five – Year” Period and The Corresponding Countermeasures

HE Li – ping<sup>1</sup>, ZHANG Ping<sup>1</sup>, WANG Rui – bo<sup>1</sup>, CHEN Yue<sup>2</sup>, FAN Jian<sup>2</sup>

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

**Abstract:** Based on the analysis of the engineering features and the characteristics of their environmental impact, this paper gives a systematic analysis of the problems, involving the units of construction, feasibility report preparation and environmental impact assessment, as well as the EIA official institutions, in facilitating the preparation and approval of the environmental impact documents. The countermeasures are proposed to build the EIA awareness, stipulate the relative policy, improve the quality of EIA documents, enhance the EIA management mechanism and to set up a long – term effective official review and approval system.

**Key words:** major construction projects; environmental impact assessment; administrative review and approval; problem; countermeasure; Yunnan Province

# 上海嘉定区 PM<sub>10</sub> 污染状况分析

王 晓, 陈浩杰

(嘉定区环境监测站, 上海 201822)

**摘 要:** 对嘉定两个站点 PM<sub>10</sub> 进行连续监测, 研究结果表明: 气象条件是浓度变化的主要因素, 两地区 11 月、12 月和 1 月浓度较高, 与该季节污染物扩散条件差有关; 3 月、4 月和 5 月浓度较高, 与春节北方沙尘有关, 而在扩散条件不佳的 2 月浓度不高与每年该月的雨水较多有关。

**关键词:** PM<sub>10</sub>; 污染; 状况; 分析; 嘉定区

**中图分类号:** X831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0106-03

大气环境中粒径 < 10 $\mu$ m 可吸入颗粒物 (PM<sub>10</sub>) 主要来自金属冶炼和加工、化工及建材等工业生产过程, 而向大气中排放的有害气体物质和机动车行驶时排放的尾气遇冷也会凝聚成粒径 PM<sub>10</sub> 可吸入颗粒物。近几年来上海郊县地区工业空前发展, 同时市区大量工厂也迁至郊县地区, 随着城市的建设发展, 大量的中心城区人口也迁入郊县城镇居住。这些因素都可能影响郊县城镇地区的 PM<sub>10</sub> 污染状况。

## 1 研究方法

### 1.1 监测地点和时间

监测地点位于上海市嘉定区内的嘉定城厢镇和安亭镇。嘉定城乡镇为区政治行政中心, 位于区域近中心位置, 监测点周边 1km 范围内主要为居民住宅区, 东南约 1.2km 处有大型公路立交。安亭镇为该区第二大镇, 是上海汽车城所在地, 监测点周边 1km 范围内主要为居民住宅区, 东 1.0km 外有上海大众等大型企业, 西约 1.5km 与江苏省昆山市香花镇接壤。

### 1.2 监测方法

监测所用仪器为美国 R&P 公司生产的 TEOM1400a 型环境颗粒物连续监测仪, 该监测仪的工作方法是在质量传感单元内使用了一个振荡空心锥形管, 其一端安放可更换的滤膜, 并以无夹持方式保持振荡, 振荡频率只取决于沉积在滤膜上的颗粒物质量, 一个精密的电子计数器以 2S 的周期测量振荡频率。当采样气流通过滤膜时, 颗粒物沉积在滤膜上, 质量发生变化, 导致振荡频率的变化, 仪器通过测量振荡频率的变化计算出沉积在滤

膜上的颗粒物的质量, 再根据采样流量、采样环境温度 and 气压计算出该时段的颗粒物标准状态质量浓度。仪器的模拟输出接入监测站内的数据采集仪, 系统的中心计算机每日从监测站的数据采集仪收取 1h 平均值和日平均值, 并去除不满 45min 的 1h 平均值和不满 18 个 1h 平均值的日平均值。

## 2 监测结果讨论

### 2.1 嘉定区 2011 年 PM<sub>10</sub> 浓度值

表 1 所列为嘉定和安亭镇两个监测点在 2011 年的年均浓度、日均浓度中位数、5% 和 95% 位数、以二级标准 0.150mg/m<sup>3</sup> 为限值的超标率及变异系数。

表 1 2011 年 PM<sub>10</sub> 日均浓度范围和年均浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

点位	平均浓度	50%	5%	95%	超标率/%	CV%
嘉定镇	0.078	0.064	0.026	0.168	6.6	81.7
安亭镇	0.079	0.061	0.027	0.165	6.5	82.5

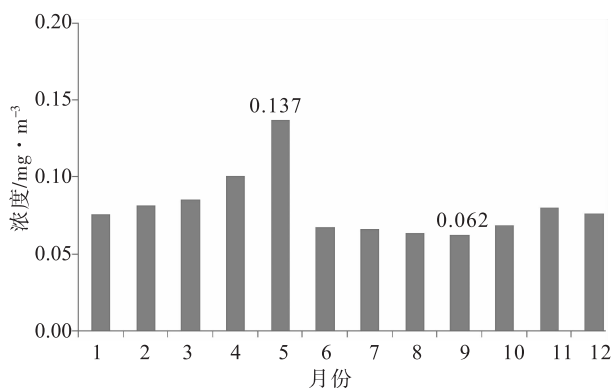


图 1 2011 年嘉定区 PM<sub>10</sub> 月均浓度值

### 2.2 2011 年嘉定区 PM<sub>10</sub> 月均浓度

图 1 为嘉定区 2011 年 PM<sub>10</sub> 月均浓度均值的直方图。月均浓度变化范围为 0.06 ~ 0.14mg/m<sup>3</sup>, 其

收稿日期: 2012-09-18

作者简介: 王晓, 本科, 研究方向: 环境大气监测和分析。

中 PM<sub>10</sub> 浓度最高值出现在 5 月，其中 5.2 ~ 5.4 日为沙尘暴天气，全市均重度污染。最低值在 9 月。11 月至 5 月，PM<sub>10</sub> 浓度值较 6 ~ 10 月高。如按不同季节统计，冬季和春季 PM<sub>10</sub> 浓度较高，而夏季和秋季浓度较低。

### 2.3 PM<sub>10</sub> 浓度 24 小时变化情况

为了进一步研究 PM<sub>10</sub> 的污染状况及污染源头，选取 2011 年春夏秋冬每月初各一天 24h 进行分析。时间分别为 2011 年 1 月 1 日，2011 年 3 月 1 日，2011 年 6 月 1 日，2011 年 9 月 1 日 4 天，详见图 2。

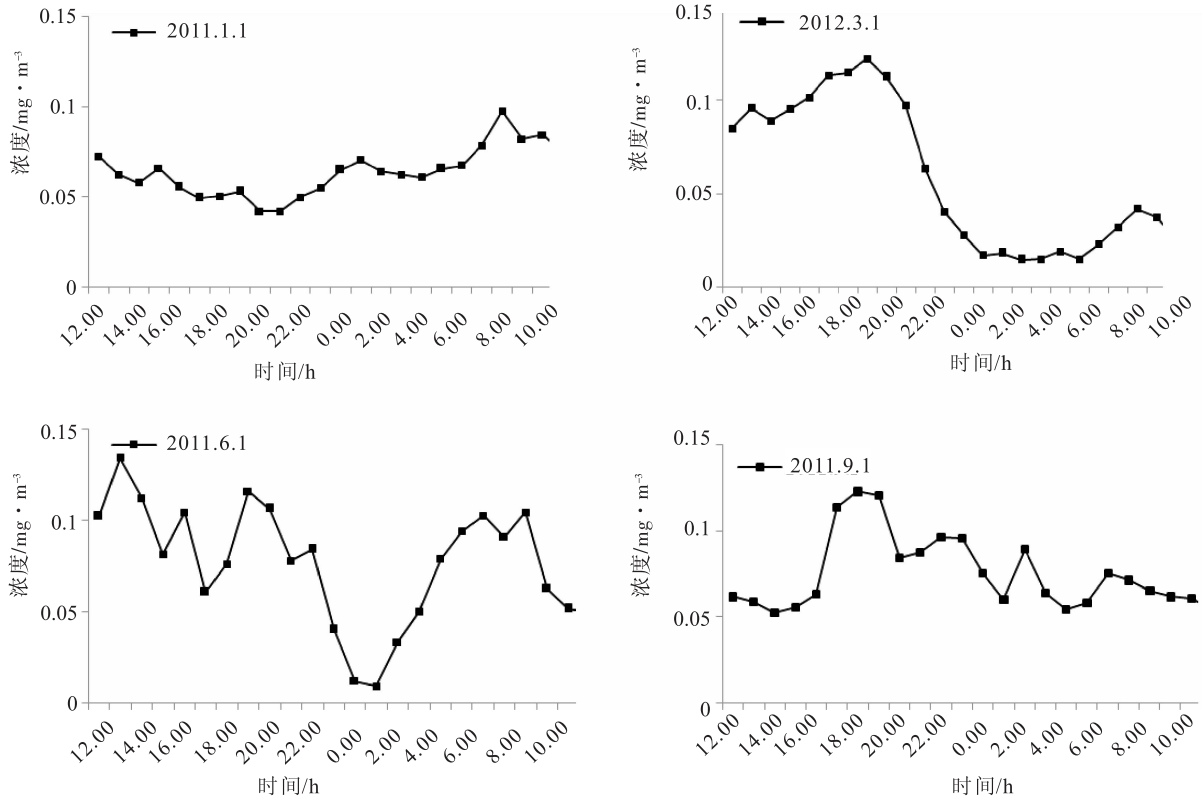


图 2 2011 年每季度第一天 24h 的 PM<sub>10</sub> 浓度变化

根据图 2，不同季节 PM<sub>10</sub> 每日变化规律不同，但可以观察到每日零点至 2 点之间 PM<sub>10</sub> 浓度都有降低的趋势。

PM<sub>10</sub> 日小时浓度变化除与污染源状况变化有关外，还与风速等气象条件有关。如夜间随着行驶的机动车减少，污染源减少，浓度降低；之后随着行驶的机动车增加，污染源增加，浓度上升；然后随着气温上升，大气边界层抬高，扩散空间变大，浓度逐渐下降，至正午后由于颗粒物累积，浓度再逐渐上升，并随着气温降低和行驶的机动车增加上升速率加快，在 20 时左右达到一天中最高值，所以它的日小时浓度变化呈现双峰态。两个峰值分别出现在上午 8 时左右和傍晚 20 时左右，且傍晚的峰值要高于上午的峰值；两个谷值分别出现在凌晨 4 时左右和中午 13 时左右，且中午的谷值低于凌晨的谷值。

### 2.4 PM<sub>10</sub> 浓度与风向的关系

图 3 表明：在 2007 年 PM<sub>10</sub> 高浓度风向为 270°

-315°，2008 年高浓度风向为 45° - 180° 和 270° - 315°，2009 年高浓度风向为 0° - 135°，2010 年高浓度风向为 90° - 270°，2011 年高浓度风向为 135° - 270°；2011 年与 2007 年相比，在 2007 年的高浓度风向，即 0° - 135° 和 270° - 360° 风向的浓度有大幅度降低，在 2007 年的低浓度风向，即 180° - 270° 风向的浓度则有大幅度下降，135° - 180° 风向 PM<sub>10</sub> 浓度则不变。

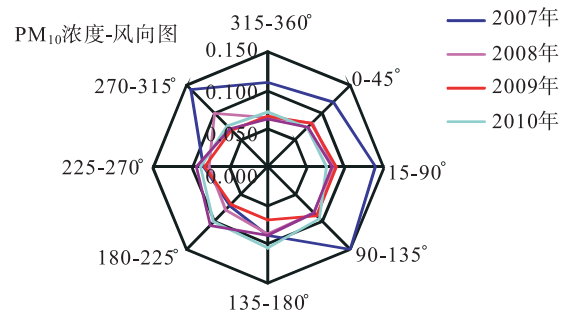


图 3 嘉定区各年 PM<sub>10</sub> 平均浓度玫瑰图

### 3 结论

对嘉定两个站点  $PM_{10}$  进行连续监测, 研究结果表明: 气象条件是浓度变化的主要因素, 两地区 11 月、12 月和 1 月浓度较高, 与该季节污染物扩

散条件差有关; 3 月、4 月和 5 月浓度较高, 与春节北方沙尘有关, 而在扩散条件不佳的 2 月浓度不高与每年该月的雨水较多有关。

## PM<sub>10</sub> Pollution Status in Jiading District of Shanghai

WANG Xiao, CHEN Hao-jie

(Environmental Monitoring Station of Jiading District, Shanghai 201822 China)

**Abstract:** The continuous monitoring of  $PM_{10}$  has been conducted at the two points in Jiading District. The research results show that the meteorological conditions are the main cause of the concentration change. In November, December and January, the concentrations at the two points are high when the weather conditions are not favorable for the diffusion of the pollutant. The concentration is still high in March, April and May because of the dust from the northern China. In February, the high concentration of the pollutant is related with the large amount of the precipitation.

**Key words:**  $PM_{10}$ ; pollution; status; analysis; Jiading District

---

(上接第 65 页)

## A Research on Purifying Urban River Water by Microbial Agents

WU Wen-wei<sup>1</sup>, YANG Feng-le<sup>1</sup>, LI Zhuan-shou<sup>2</sup>

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

**Abstract:** In the absence of external carbon source, the effect of water purification by the four kinds of microbial agents is tested under the static conditions. The results show that they all have a high performance in the degradation of nitrogen and phosphorus, but not for  $COD_{cr}$ . For the removal of TN and  $NH_3^+ - N$ , the denitrification bacteria are better than the composite bacillus and the nitrifying bacteria. After 7 days of being put in the water, the flora of all four microbial agents starts to decline.

**Key words:** microbial agents; simulated urban river; water purification; experiment

# 电磁炉电磁辐射水平调查

王东<sup>1</sup>, 郭键锋<sup>1</sup>, 时劲松<sup>1</sup>, 刘宝华<sup>2</sup>

(1. 深圳市环境监测中心站, 广东 深圳 518049; 2. 广东省环境辐射监测中心, 广东 广州 510300)

**摘要:**采用电磁辐射分析仪 PMM8053B, 按照《对人体暴露于家用及类似用途电器电磁场的测量方法》(EN62233:2008) 监测标准, 对市场上部分电磁炉的电磁辐射水平进行监测, 结果显示: 电磁炉的电场强度最高达 106.04V/m, 磁感应强度最高达 69.03 $\mu$ T, 超过 EN62233 的限值规定, 并使电磁炉周围的环境电磁辐射水平明显升高。建议进一步开展电磁炉电磁辐射的系统研究, 制定有关环保标准和管理体制, 将电磁炉纳入电磁辐射法定监管范畴。

**关键词:** 电磁炉; 电磁辐射; 调查; 建议

**中图分类号:** X837 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0109-03

随着科学技术的发展, 电磁设备广泛应用。在给人类创造了巨大的利益的同时也把人类带进一个充满人工电磁辐射的环境。人居环境中电磁场暴露水平显著增加, 每个人都处在各种频率的复合电磁场暴露中<sup>[1]</sup>, 电磁辐射污染已成为最广泛的环境影响因素之一。微波炉、电磁炉等家用电器, 手机、室内微蜂窝通信的覆盖, 无线局域网的广泛使用, 使得室内电磁环境更加复杂。室内电磁场暴露对人体健康和环境的影响在国内外日益受到重视, 已成为公众关注的焦点。

国内已经有多个省市开展了室内环境电磁辐射水平调查研究, 但是在开展调查研究时都未对家用电器 (特别是电磁炉) 电磁辐射强度进行监测。电磁炉发热原理是通过桥式整流电路将 220V 交流电整流后通过 LC 滤波电路转换成 314V 左右的高压直流电, 然后经过大功率复合场管 (IGBT) 产生 20~30kHz 的交变电流, 利用电磁感应原理产生涡流从而加热食物。在电磁炉工作时, 除了给锅体加热外, 还有一部分会通过电磁炉内部或者锅体泄出, 对人体产生健康影响, 辐射量与电磁炉的制热效率以及功率有关。电磁炉所产生的电磁辐射为低频电磁辐射, 世界卫生组织已经科学地确认高水平、短期暴露于电磁场产生的有害健康影响<sup>[2]</sup>。现行国标《电磁辐射防护规定》(GB8702-88) 适用频率范围为 100kHz~300GHz。100kHz 以下的

电磁波 (50Hz 除外) 并无相关电磁辐射限值规定, 属于无监管状态。近年来, 电磁炉大规模普及, 对公众健康造成安全隐患。开展电磁炉电磁辐射水平调查, 摸清电磁炉电磁辐射分布规律, 针对性地提出管理建议和防护方法, 对完善电磁炉电磁辐射的环保管理具有重要的学术和现实意义。

## 1 测量仪器

监测仪器: 意大利产 PMM8053B 电磁辐射测量系统, 配 EP300 电场探头测量综合场强, HP032 磁场探头测量磁场强度。EP300 探头的测量频率范围为 100kHz~3GHz, 量程 0.1~300V/m, HP032 频率范围 0.1~30 MHz, 量程 0.01~20 A/m。

仪器检定单位: 中国计量科学研究院。

## 2 监测方法和监测条件

监测方法: 依据《对人体暴露于家用及类似用途电器电磁场的测量方法》(EN62233:2008) 规定以及研究关注范围。在电磁炉四周距电磁炉边缘 0.3m 处, 烹饪平面上 1.0m 和以下 0.5m 范围内测量。

监测条件: 在电磁炉上放置不锈钢锅体, 内盛适量的水, 模仿电磁炉在日常使用中的状态, 模式统一调整至煮水模式, 功率统一设定在 2100W, 水开后测量。监测场所周围无其它电磁辐射设备干扰, 监测时温度 20 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C, 空气湿度 61%。

随机抽取市售 6 种品牌 10 个型号的电磁炉 (编号 I~X), 进行监测。

## 3 参考评估标准<sup>[3,4]</sup>

国际上目前适合电磁炉的评估标准仅有 2008 年 4 月欧洲电工标准化委员会 (CENELEC) 颁布的《对人体暴露于家用及类似用途电器电磁场的

收稿日期: 2012-10-16

作者简介: 王东 (1983-), 男, 四川西昌人, 硕士, 研究方向为: 电磁辐射环境管理与污染防治。《广东省电磁辐射防护标准》主研人员, 发表中英文学术论文 11 篇 (SCI/EI/ISTP 检索论文各 1 篇), 获国家发明专利 2 项。

测量方法》(EN62233:2008)。EN62233 确定了一个测定家用及类似电器周围空间电磁场适当的评估方法并定义了标准的运行条件和测量距离;规定了频率范围为 0~300GHz,由家用电器和类似电器工作时产生的电场、磁场和电磁场的基础限制,参考电平和耦合系数,以及监测方法。在限值部分 EN62233 等同采用国际非电离防护委员会《限制时变电场、磁场和电磁场暴露的导则(300 GHz 以下)》(ICNIRP 1998),具体见表 1。

表 1 电场、磁场和电磁场的基准值

频率范围	电场强度/ $V \cdot m^{-1}$	磁感应强度/ $\mu T$
3kHz~150kHz	87	6.25

#### 4 监测结果及分析

电磁炉电场强度和磁场强度监测结果见表 2 和表 3。监测时以控制面板所在方向为正方向记为 A 方向,控制面板左侧为 B 方向,右侧为 C 方向,后面为 D 方向。

表 2 电磁炉电场强度监测结果 (V/m)

型号	烹饪平面		电磁炉四周距离 0.3m			
	上 1.0m	下 0.5m	A	B	C	D
1	26.31	2.01	16.06	88.66	12.67	5.04
2	16.89	1.90	18.50	17.21	97.39	4.32
3	14.77	0.98	17.32	26.88	14.33	13.26
4	21.32	1.58	19.63	30.16	17.89	15.67
5	23.21	2.13	21.84	106.04	12.49	14.08
6	30.05	1.77	19.41	26.03	17.15	11.08
7	31.98	1.04	89.08	17.08	16.41	11.24
8	12.23	1.11	22.36	15.53	13.35	10.49
9	31.87	2.21	43.89	18.30	13.42	15.04
10	11.99	1.66	18.88	16.33	12.28	36.33

注:关闭后,室内电场强度为  $<0.1V/m$ 。

在所调查的 10 种电磁炉中,电场强度最高达  $106.04V/m$ ,磁感应强度最高达  $69.03\mu T$ 。电磁炉电磁辐射的最大值位置与散热口的位置吻合,磁场源的位置使散热口成防磁泄漏相对薄弱的环节。不同生产厂家的电磁炉功率相同时电磁辐射水平有明显差异,这与电磁炉散热口设计、外壳材料、环形线圈等因素有关。40%的电磁炉电场强度超过欧洲标准 EN62233 暴露限值  $87V/m$  规定;90%的电磁炉磁感应强度超过欧洲标准 EN62233 暴露限值  $6.25\mu T$  规定,并使电磁炉周围电磁辐射水平明显

增大。

表 3 电磁炉磁感应强度监测结果 ( $\mu T$ )

型号	烹饪平面		电磁炉四周			
	上 1.0m	下 0.5m	A	B	C	D
1	16.01	3.89	12.40	32.56	3.26	2.37
2	18.31	5.32	21.31	16.30	65.37	0.56
3	31.09	2.79	22.05	11.33	12.03	6.01
4	24.31	4.39	19.38	22.16	6.23	5.07
5	23.19	5.61	20.15	69.03	3.38	3.16
6	15.46	2.07	22.13	14.30	11.22	6.08
7	27.99	4.31	35.86	8.03	5.03	1.07
8	22.67	3.92	19.99	9.05	8.11	5.19
9	19.01	1.99	26.34	12.46	9.38	9.88
10	2.81	2.46	6.40	5.46	4.33	1.12

注:关闭后,室内磁感应强度  $<0.01\mu T$ 。

#### 5 结论

电磁炉电磁辐射水平高,对室内环境造成较大的污染。电磁炉使用广泛,功率比普通家电高出几十倍甚至几百倍,而且操作者在使用时是长时间近距离靠近炉体,电磁炉的电磁辐射问题比其他家电更严重。长期处于高强度电磁辐射环境中,将给使用者的健康带来不可估量的潜在危害。

#### 6 对策与建议

(1) 时间防护。尽量缩短在高强度电磁场中的暴露时间,不用电磁炉进行长时间的烹饪。

(2) 距离防护。电磁辐射强度随距离增大而急剧下降,所以增大与电磁炉的距离,能起到有效的防护作用。

(3) 屏蔽防护。提高电磁炉电磁辐射屏蔽性能,减少电磁波泄漏;可以采取屏蔽措施,减少对人辐射。

建议进一步开展系统性的电磁炉电磁辐射研究,制定以健康为基础的电磁炉电磁辐射防护标准体系,根据电磁炉结构、电磁辐射分布特征等研究具有针对性的测量方法,明确管理职责,加大宣传,有效地保护人居环境,保障公众健康。

#### 参考文献:

- [1] 孙宇新. 电磁辐射对环境的污染及防护措施 [J]. 工业安全与保护, 2001, 27 (12): 1-4.
- [2] The world health organization. Electromagnetic fields and public health: Exposure to extremely low frequency fields [EB/OL]. <http://www.lawyerwq.com/n10540c34.aspx>, June 2007.
- [3] European Committee for Electrotechnical Standardization. Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure [S].



[4] International Commission on Non – Ionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting Exposure to Time – Varying Electric, Mag-

netic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz) [J]. Health Physics, 1998, 74 (4): 511.

## Electromagnetic Radiation Intensity Survey of Induction Cooker

WANG Dong<sup>1</sup>, GUO Jian-feng<sup>1</sup>, SHI Jing-song<sup>1</sup>, LIU Bao-hua<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Municipal Environmental Monitoring Centre, Shenzhen Guangdong 518049 China)

**Abstract:** The electromagnetic radiation of some induction cookers sold on the market is measured by PMM8053B meter. Based on the European Standard Measurement Methods for Electromagnetic Fields of Household Appliances and Similar Apparatus with regard to Human Exposure (EN62233: 2008), the results show that the highest level of the electric field and magnetic strength of the induction cookers are 106.04V/m and 69.03 $\mu$ T, higher than the limit of the EN62233 standard. The ambient electromagnetic radiation level is clearly increased. It is proposed to carry out further the systematic study of the electromagnetic radiation of the induction cooker, establish the relative environmental standards and management mechanism to supervise the electromagnetic radiation of the induction cooker.

**Key words:** induction cooker; electromagnetic radiation; survey; suggestion

# 微波消解 ICP-OES 法同时测定总悬浮颗粒物中多种重金属

朱奕<sup>1,2</sup>, 葛飞<sup>1</sup>, 许雄飞<sup>2</sup>

(1. 湘潭大学化工学院, 湖南湘潭 411105; 2. 长沙市环境监测中心站, 湖南长沙 410001)

**摘要:** 采用微波消解前处理与电感耦合等离子光谱联用技术, 初步建立了一套大气总悬浮颗粒物 (TSP) 中重金属元素的检测方法。研究了不同的滤膜材料、消解方式、波长选择等对分析方法的影响。用所建立的方法测定长沙市火车站采集的大气总悬浮颗粒物中的重金属 As、Cd、Co、Cr、Cu、Mn、Mo、Ni、Pb、Zn 的含量, 检测结果令人满意。最低检出浓度为  $0.0001 \sim 0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 相对标准偏差为 0.9% ~ 11.4%, 加标回收率为 90.9% ~ 106.7%。

**关键词:** 微波消解; 电感耦合等离子光谱; 总悬浮颗粒物; 重金属

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0112-04

颗粒物污染是空气中最重要污染物之一, 在我国大多数地区空气首要污染物就是颗粒物。在全国 300 多个城市中总悬浮颗粒物 (TSP) 年均值超过国家二级标准的约占  $2/3$ <sup>[1]</sup>。总悬浮颗粒物 (空气动力学直径  $< 100 \mu\text{m}$  颗粒物的总称) 中吸附的重金属元素成分十分复杂, 在大气中能长时间悬浮于人们的呼吸高度内, 被血液和人体组织吸收, 对人体呼吸系统、心血管系统及神经系统有毒性作用<sup>[2]</sup>。

环保部最新颁布的环境空气质量标准 (GB3095-2012) 关于环境空气中重金属的标准限值有且仅对 Pb 有界定<sup>[3]</sup>, 其定义为存在于 TSP 中的铅及其化合物, 并有对应的分析方法, 其它重金属未作要求。因此参照环境空气中铅的定义和标准建立环境空气中重金属元素含量的有效分析方法, 对进一步探讨颗粒物的危害有积极意义。颗粒物中重金属检测方法主要有中子活化分析<sup>[4]</sup>、X 射线衍射<sup>[5]</sup>、原子吸收法<sup>[6]</sup>等, 电感耦合等离子光谱法 (ICP-OES) 具有样品消耗量少, 灵敏度高和线性范围宽的特点, 适合总悬浮颗粒物中多元素同时分析。微波消解仪具备的密闭快速安全特性, 不仅减

少了试剂消耗量和对实验室的污染, 降低空白值, 还避免了挥发性元素 Pb、Cd、As 等的损失, 能快速、有效地对样品中痕量的元素进行完全提取。本文采用微波消解和 ICP-OES 联用的方式, 建立了适用于大气总悬浮颗粒物中多种重金属元素的同时检测的方法。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与主要试剂

等离子体发射光谱仪 (ICP-OES): ICAP 6300, 美国 Thermo Scientific 公司;

智能大流量 TSP 综合采样器: 2031, 青岛崂山应用技术研究;

微波消解系统: ETHOS ONE, 意大利 Milestone 公司;

所用实验用水均为超纯水, 所有实验用酸均为优级纯;

26 种多元素 ICP 混合标准化合物: Ag、Al、As、B、Ba、Be、Ca、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Pb、Sb、Se、Ti、Tl、V、Zn: 100mg/L; K: 1000mg/L; Si: 50mg/L; 基体 = 5% HNO<sub>3</sub>, 上海安谱。

### 1.2 样品采集

选取长沙市芙蓉区火车站大气自动站点位设置采样点, 放置干燥的 250mm × 200mm 过氯乙烯滤膜, 以大流量综合采样器分别连续采集 24h TSP 样品作为实际样品, 采样器流量为  $1.050 \text{m}^3/\text{min}$ <sup>[7]</sup>, 同时记录采样点当日天气、气温、湿度、风向。

收稿日期: 2012-10-09

基金项目: 湖南省环保科技项目 (2011394)。

作者简介: 朱奕 (1983-), 女, 汉族, 湖南省湘潭市人, 本科, 长沙市环境监测中心站工程师, 研究方向: 大气环境监测。

通讯作者: 葛飞 (1971-), 女, 湖南安乡人, 九三学社社员, 博士, 教授, 博士生导师, 化工学院副院长。研究方向: “饮用水安全及其保障技术”、“有机污染物的环境行为与生态风险”和“环境污染控制材料”。

### 1.3 样品前处理

根据颗粒物中的重金属含量按等分法<sup>[8]</sup>取 1/4 张样品滤膜, 将滤膜尘面朝内折叠, 剪成小方块状, 放入微波消解罐, 加入硝酸 5ml, 盐酸 5ml, 30% 过氧化氢溶液 2ml, 按表 1 设置的程序进行微波消解前处理。消解好的样品待冷却后以超纯水定容至 50ml 容量瓶中, 混匀后待测。

表 1 微波消解升温程序

步骤	升温时间 /min	功率 E/W	加热温度 T/°C
1	10	800	150
2	5	1200	180
3	150	1400	200

### 1.4 样品测定

将处理好的样品, 用 ICP-OES 按表 2 设置的仪器测量条件依次进样。

表 2 ICP-OES 参数设定及工作条件

项目	操作参数	项目	操作参数
RF 功率	1150W	载气流速	0.6L/min
中心管	1.5mm	辅助气流速	0.5L/min
转速	45	提升量	1.9ml/min
雾化室	高效旋流雾化室	雾化器	同心雾化器

## 2 结果及讨论

### 2.1 滤膜材料的选择

颗粒物样品的采集和测定中, 滤膜的性质决定了对样品的吸附效率、消解程度好坏和本底值的高低。试验中取 6 种不同材质滤膜 (玻璃纤维滤膜、醋酸纤维滤膜、聚偏氟乙烯滤膜、过氯乙烯滤膜和两种来源的聚丙烯滤膜) 以  $\text{HNO}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O}_2$  的酸体系微波消解进行了滤膜筛选实验, 如表 3 所示。由于醋酸纤维滤膜和聚偏氟乙烯滤膜材料光

滑易破, 抽气阻力大导致压力难以达到, 颗粒物吸附效率低。玻璃纤维滤膜吸附颗粒物能力也不如网状纤维的有机滤膜。从消解效果看, 聚丙烯和过氯乙烯滤膜难消解, 需要延长微波时间, 但过氯乙烯滤膜的空白本底明显优于其他滤膜。综合考虑以上因素, 在实际样品测定和加标实验中最终选用过氯乙烯滤膜。

表 3 空白膜材质和消解情况

膜材质	采样吸附效率	微波消解情况	空白膜本底
玻璃纤维	低	全部溶解	As、Fe、Mn、Pb、Zn 较高
聚丙烯 (盐城)	高	难溶	As、Fe、Cr、Ni、Pb 较高
聚丙烯 (天津)	高	难溶	低
过氯乙烯	高	难溶	最低
醋酸纤维	低	全部溶解	低
聚偏氟乙烯	低	全部溶解	As、Fe、Cr 较高

### 2.2 前处理方法的选择

#### 2.2.1 微波消解与电热板消解比较

取实际样品滤膜参考 Pb 测定的标准方法 HJ539-2009 进行电热板消解, 与微波消解前处理 ICP 测定易挥发元素 Pb 和 As, 比对加标实验结果。电热板加热温度难以控制, 温度低时过氯乙烯滤膜消解不完全, 温度高时造成金属元素的损失, 有机滤膜本身易粘附在聚四氟乙烯烧杯杯底和杯壁, 加氢氟酸后加热赶酸过程时间长。微波消解采用密闭加压可以降低挥发性元素损失。当设定微波功率为 1400W, 消解时间在 165min 时, 空白滤膜可以消解完全。由表 4 可见, 相对于微波消解, 电热板消解导致 Pb、Cd、As 回收率偏低, 而微波消解的结果较满意。

表 4 微波消解与电热板消解比对试验结果

分析元素	微波消解			电热板消解		
	加标前测定平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	加标后测定平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	回收率 /%	加标前测定平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	加标后测定平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	回收率 /%
Pb	0.146	0.221	100.0	0.139	0.206	95.4
Cd	0.0060	0.0793	97.7	0.0048	0.0700	84.8
As	0.274	0.355	108.0	0.162	0.208	59.8

#### 2.2.2 微波消解时不同酸体系的选择

湿法消解常用的混酸体系有  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}_2$ <sup>[2]</sup>,  $\text{HNO}_3 - \text{HF} - \text{HClO}_4$ <sup>[9]</sup>,  $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ <sup>[10]</sup> 等。通过

表 5 实验, 设置相同的消解时间和微波功率, 对不同消解酸体系组成及用量造成消解不同效果进行比较, 得出酸消解体系的优化方案。仅  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}_2$  体系消解有滤膜残留, 这是由于过氯乙烯滤膜中含

有较多的有机成分，若要处理完全需要一定的氧化剂。而 HF 氧化性较弱，HClO<sub>4</sub> 不宜用于样品的微波消解，故选择 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。HNO<sub>3</sub> - HCl - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对于本次实验所取的样品有较好的消解效果。因此确定选用 HNO<sub>3</sub> - HCl - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 混酸体系，并作进一步实验以确定酸用量及比例为 5:5:2。

表5 不同酸体系消解结果

消解方式	酸体系	消解情况
	5mlHNO <sub>3</sub> - 2mlH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	消解不完全，有滤膜颗粒残留
微波消解	5mlHNO <sub>3</sub> - 3mlHF - 1mlHClO <sub>4</sub>	消解较完全，HClO <sub>4</sub> 难以赶尽
	5mlHNO <sub>3</sub> - 3mlHF - 2mlH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	消解不完全，有滤膜颗粒残留
	5mlHNO <sub>3</sub> - 5mlHCl - 2mlH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	消解较完全

### 2.3 分析谱线的选择及主要光谱干扰

根据仪器提供的波长谱线资料，每个元素均选择 3~5 条谱线进行谱图分析，分别对被测元素的灵敏度、线性范围、主要光谱干扰进行综合考虑，最终确定了 1 条最佳谱线作为分析线，各元素的主要光谱干扰、最终确定波长和最低检出浓度如表 6 所示。取 1/4 空白过氯乙烯滤膜的消解重复测定 7 次，以空白值的 3 倍标准偏差计算最低检出浓度（采样量以标况体积 1300m<sup>3</sup> 计）。

表6 各元素波长及主要光谱干扰

分析元素	最终选定波长 λ/nm	最低检出浓度 /μg·m <sup>-3</sup>	主要光谱干扰
As	189.0	0.005	449.4nm 处 Al 干扰
Cd	214.4	0.0004	226.5nm 处 Ni 干扰
Co	228.6	0.001	238.9nm 处 Fe 干扰, 237.9nm 处 Al 干扰
Cr	267.7	0.001	283.6nm 处 Fe 干扰
Cu	224.7	0.001	—
Mn	257.6	0.0001	—
Mo	202.0	0.001	281.6nm 处 Al 干扰
Ni	216.5	0.002	221.6nm 处 Fe 干扰
Pb	220.4	0.0005	—
Zn	213.9	0.0004	202.5nm 处 Cu 干扰

### 2.4 精密度和加标回收率

为了考察微波消解的有效性及其测定结果的准确度，进行精密性和加标回收实验。将采集后的样品均匀分成 4 份，其中 1 份加标后和其他 3 份样品一起微波消解处理，按照优化后的条件用 ICP 进行测定，样品的测定值和加标回收率计算如表 7 所示。结果表明：各元素的精密度和加标回收率均较好，相对标准偏差为 0.9%~11.4%，加标回收率为 90.9%~106.7%。

表7 实际样品精密度加标回收率的定量结果 (n=3)

分析元素	样品测定平均值/μg·m <sup>-3</sup>	RSD/%	标准加入量/μg·m <sup>-3</sup>	加标后测定平均值/μg·m <sup>-3</sup>	回收率/%
As	0.274	1.2	0.075	0.355	108.0
Cd	0.0060	1.3	0.075	0.0793	97.7
Co	0.004	2.5	0.075	0.074	90.9
Cr	0.045	4.7	0.075	0.118	94.8
Cu	0.021	1.1	0.075	0.099	101.3
Mn	0.230	3.2	0.150	0.373	95.3
Mo	3.14	2.7	0.150	3.30	106.7
Ni	0.015	1.5	0.075	0.086	94.7
Pb	0.146	0.9	0.075	0.221	100.0
Zn	11.75	11.40	0.75	12.54	105.3

## 3 结论

采用微波消解-电感耦合等离子体光谱法测定 TSP 样品中 As、Cd、Co、Cr、Cu、Mn、Mo、Ni、Pb、Zn 的含量。样品前处理步骤简单，消解效果完全，用酸量少。经加标回收率实验验证，该方法测定准确度能够满足环境样品的测试要求，适宜在

大气颗粒物重金属监测中推广使用。

TSP 样品采自长沙市火车站 (N28°11', E112°59')，位于车流和人流密集的长沙市主要干道五一路和人民路之间火车站附近，处在商业区和生活区、教育医疗机构政府部门混杂的地段。样品中 Zn 平均含量为 11.7μg/m<sup>3</sup>，远高于其他重金属，

Mn 含量次之, Cd 含量较低, Co 含量最低, 只有  $0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。TSP 样品中重金属含量相对顺序为  $\text{Zn} > \text{Mo} > \text{As} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Co}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 空气和废气监测分析方法 (第 4 版增补版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003: 5.
- [2] 戴海夏, 宋伟民. 大气颗粒物健康效应生物学机制研究进展 [J]. 环境与职业医学, 2003, 20, (4): 308-310.
- [3] HJ/T 539-2002, 环境空气-铅的测定-石墨炉原子吸收分光光度法 [S].
- [4] 罗崇富, 黄允文. 乌鲁木齐市大气 TSP 中 28 种元素的测定与变化规律的研究 [J]. 干旱环境监测, 1995, 9, (1): 9-10.
- [5] 岳爱民, 刘明光, 裴光文, 等. 空气中总悬浮颗粒物的 X 射线衍射定性分析研究 [J]. 中国环境监测, 1999, (1): 34-35.
- [6] 李定美, 姚廷伸. 大气总悬浮颗粒物中十种元素原子吸收光谱测定法的研究 [J]. 中国环境监测, 1994, 10 (6): 16-17.
- [7] HJ/T 374-2007, 总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法 [S].
- [8] 杨坪, 龚必辅. 大气 TSP 采样滤膜上 PAHs 分布的均匀性研究 [J]. 四川环境, 1997, (4): 12-15.
- [9] 冯素萍, 裘娜, 沈永, 等. 微波消解-AAS 测定垃圾焚烧飞灰中重金属 [J]. 中国测试技术, 2008, 34, (3): 91-94.
- [10] 张春艳, 韩宝平, 王晓, 等. 典型城市工业区 TSP 中重金属污染研究 [J]. 中国环境监测, 2007, 23 (2): 71-74.

## Determination of Heavy Metals in Total Suspended Particulate by Microwave-Assisted Digestion Coupled with Plasma Spectroscopy (ICP-OES)

ZHU Yi<sup>1,2</sup>, GE Fei<sup>1</sup>, XU Xiong-fei<sup>2</sup>

(1. College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan Hunan 411105 China)

**Abstract:** A method is established to determine the heavy metals in the environment total suspended particulate (TSP) by inductively coupled plasma spectroscopy and microwave-assisted digestion. The effects of filter membrane, digestion and wavelength are studied. The method proves to be satisfying when used for the determination of the heavy metals (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb and Zn) in TSP sample collected in Changsha railway station. The minimum detectable concentration is from  $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$  to  $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , the RSD is from 0.9% to 11.4% and the recovery is from 90.9% to 106.7%.

**Key words:** microwave extraction; inductively coupled plasma spectroscopy; total suspended particulate; heavy metal

# 次灵敏线测定电镀污泥中高含量镍

樊霞

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

**摘要:**对采用次灵敏线测定电镀污泥中高含量的镍进行了探讨。试验表明, 在镍含量 0.00 ~ 100.0mg/L 时, 镍含量与溶液吸光度呈线性关系。线性回归方程为  $y = 0.00436x + 0.006$ , 相关系数  $r = 0.9997$ 。方法精密度  $RSD < 2.86\%$ , 加标回收率为 93.7% ~ 106%。同时校准曲线常温下放置, 至少可稳定 1a。

**关键词:**次灵敏线; 电镀污泥; 高含量镍; 测定

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0116-02

随着社会经济的快速发展, 重金属污染事故在全国时有发生<sup>[1]</sup>。为加强重金属行业的污染管理, 江苏省环保厅要求全省各环境监测站加强对辖区内电镀等涉及重金属企业的监测力度, 要求每半年对所有电镀企业治理设施排口及周边水域和电镀污泥进行监测。对于镍的测定, 一般选用火焰原子吸收法和丁二酮肟光度法<sup>[2]</sup>。由于电镀污泥中的镍含量较高, 而上述两种方法的测定上限都较低, 样品往往要稀释数十倍才能测定, 这样不但会由于稀释倍数过大可能带来误差, 而且也增加了工作量, 很不方便。为此, 笔者对采用次灵敏线测定电镀污泥中高含量的镍进行了探讨。样品经 1+1 硝酸溶液溶解后定容至一定的体积, 可不经稀释直接用原子吸收光谱法测定, 而方法的精密度和准确度又符合监测要求。

## 1 实验

### 1.1 仪器与试剂

AA7003A 原子吸收光谱仪 (北京东西电子技术研究所)。

镍标准溶液: 称取光谱纯金属镍 1.0000g 置于 200ml 烧杯中, 加入 1+1 硝酸溶液 10ml, 加热蒸发至近干, 加 1% 硝酸溶解并定容至 1000ml, 混匀。此溶液浓度为 1000.0 $\mu$ g/ml。

1+1 硝酸溶液。

### 1.2 仪器工作条件

分析线波长 341.5nm, 灯电流 3.0mA, 狭缝 0.2nm, 空气流量 6.0L/min, 乙炔流量 0.6L/min。

### 1.3 实验方法

收稿日期: 2012-10-15

作者简介: 樊霞 (1975-), 女, 江苏启东人, 工程师, 主要从事环境监测工作。

### 1.3.1 电镀污泥含水率的测定

称取电镀污泥约 5g 于称量瓶中, 在 105 $^{\circ}$ C 烘箱中烘 4~5h, 烘干至恒重。称量后用以下公式计算含水率  $f$ :

$$f(\%) = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

式中:  $f$ —电镀污泥含水率 (%) ;

$W1$ —烘干前污泥含量 (g) ;

$W2$ —烘干后污泥含量 (g)。

### 1.3.2 电镀污泥的消解与镍含量的测定

准确称取烘干至恒重的电镀污泥 0.2000g 于 100ml 高脚烧杯中, 加入 1+1 硝酸溶液 10ml, 于电热板上加热溶解, 并蒸发至近干, 冷却后加入 1% 硝酸荡洗烧杯至 50ml 容量瓶中, 定容至刻度, 摇匀。按仪器工作条件, 由标准曲线求得样品中镍的含量。

### 1.3.3 分析结果的计算

电镀污泥中镍的含量  $W$  (mg/kg) 按下式计算:

$$W = \frac{C \cdot V}{m \cdot (1-f)}$$

式中:  $C$ —试液测定镍的含量 (mg/L) ;

$V$ —试液定容的体积 (ml) ;

$m$ —称取电镀污泥的重量 (g) ;

$f$ —电镀污泥的含水率 (%)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酸度的选择

试验选用 0.5%、1%、2% 的硝酸和盐酸对镍测定影响, 结果表明当选用 1% 的硝酸或 1% 的盐酸时, 溶液的吸光度均比较稳定。

### 2.2 标准曲线

在选定的仪器工作条件下, 测定镍标准曲线系

列, 试验表明当镍浓度为 0.0 ~ 100.0mg/L 时, 溶液镍含量与吸光度呈线性关系, 线性回归方程  $y = 0.00436x + 0.006$ , 相关系数  $\gamma = 0.9997$ 。

### 2.3 干扰试验

按试验方法对 50mg/L 镍标准溶液进行干扰试验, 当相对误差为  $\pm 5\%$  时, 下列共有离子 (以 mg/L 计) 不干扰测定:  $\text{Cu}^{2+}$  (200)、 $\text{Cd}^{2+}$  (50)、 $\text{Fe}^{3+}$  (200)、 $\text{Cr}^{6+}$  (400)、 $\text{Zn}^{2+}$  (500)、 $\text{Cl}^-$  (500)、 $\text{SO}_4^{2-}$  (1000)。

### 2.4 精密度试验

采用本方法对两个厂家的电镀污泥进行 4 次平行测定, 结果见表 1。由表 1 可知, 测定的相对标准误差  $RSD < 2.86\%$ , 精密度较好。

表 1 电镀污泥中镍测定的精密度试验 (n=4)

样品编号	测定值/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	RSD/%
GFR034	$2.74 \times 10^4$	1.62
GFR052	$3.76 \times 10^3$	2.86

### 2.5 准确度试验

采用本方法对两个厂家的电镀污泥进行 4 次加标回收率试验, 求出加标回收率, 结果见表 2。表明测定的准确度也较好。

表 2 电镀污泥中镍测定的加标回收率试验结果

样品编号	加标回收率/%
GFR034	95.2 ~ 105
GFR052	93.7 ~ 106

### 2.6 标准曲线系列的稳定性试验

将配置好的镍标准曲线系列置于 100ml 聚乙烯瓶中, 盖好盖子, 常温放置, 分别于 1、3、5、7、9、10、11、12 月份用该标准系列测定 50mg/L 的镍标准溶液 (用国家环保总局标准样品研究所同

一批号的 500mg/L 镍标准溶液稀释 10 倍), 结果见表 3。经  $t$  检验<sup>[3]</sup>, 镍标准溶液的测定结果的  $t$  值为 -1.42, 小于  $t_{(0.05)7} = 2.365$ , 说明 8 次测定值无显著性差异。因此镍标准曲线系列在聚乙烯瓶内, 常温放置至少可稳定 1a。节省了试剂, 减轻了工作量。

表 3 镍标准曲线系列稳定性试验结果

月份	测定值/ $\text{ms} \cdot \text{L}^{-1}$
1	51.2
3	50.6
5	48.8
7	50.8
9	49.1
10	48.8
11	47.3
12	50.6

## 3 结论

采用火焰原子吸收法次灵敏线测定电镀污泥中高含量的镍, 在镍含量 0.0 ~ 100.0mg/L 时, 线性关系良好, 相对标准偏差 (RSD)  $< 2.86\%$ , 加标回收率为 93.7% ~ 106%。本法的精密度和准确度都能满足分析要求。样品可直接测定, 避免了稀释可能引入的误差, 降低了分析人员工作强度, 提高了工作效率。同时, 标准曲线系列常温下放置至少可稳定 1a, 不须每次测定都制作标线, 既节省了试剂, 减少了实验室废液的排放, 又减轻了工作量。

#### 参考文献:

- [1] 叶铁桥. 重金属污染事故频发 [N]. 中国青年报, 2012-2-1 (7).
- [2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 373-377.
- [3] 本书编写组. 环境水质监测质量保证手册 (2 版) [M]. 化学工业出版社, 1994: 262-300.

## Hyposensitive Linear Determination of High-Content Nickel in Electroplating Sludge

FAN Xia

(Qidong Municipal Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

**Abstract:** The hyposensitive linear method is discussed in determination of the nickel highly contained in the electroplating sludge. The experiment shows that there is a linear relationship between the nickel content and solution absorbance when the nickel content is 0 ~ 100.0mg/L. The linear regression equation is  $y = 0.00436x + 0.006$ , and correlation  $\gamma = 0.9997$ . The precision of the method  $RSD < 2.86\%$ , and the recovery is 93.7% ~ 106%. The calibration curve in the normal temperature could be well kept for at least 1a.

**Key words:** hyposensitive line; electroplating sludge; high-content nickel

# 淡水藻类的分离纯化方法探索

王梅梅, 熊亚南, 刘爱华, 章广玲  
(河北联合大学, 河北 唐山 063000)

**摘要:**以唐山市水源水和终端水为实验材料,对淡水藻类的分离纯化方法进行了探索,大致分为以下九种:培养基筛选法、稀释分离法、平板划线分离法、离心分离法、毛细管分离法、小滴分离法、pH值分离法、温度分离法、抑制剂分离法。同时探索淡水藻类保藏方法。

**关键词:**藻类;分离纯化;方法

**中图分类号:**X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)02-0118-04

近年来,对淡水藻与水体污染之间的关系的研究有很大发展,不仅补充了水质化学分析的不足,而且被广泛用于评价、监测和预报水质的情况<sup>[1]</sup>。某些藻类在环境保护中作为水质监测的指示生物,可以标志水体的污染程度<sup>[2]</sup>。目前,国内许多城市的供水水源多为湖泊或水库,随着工农业经济的发展,人类活动所产生的大量营养物质和有毒物质排入水域,造成水库、湖泊的水体污染。由于藻毒素的危害性比较大,目前对藻毒素的研究越来越重视。研究藻类毒素首先要分离产毒藻种。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 水样

(1) 自来水水样

取样地点:河北联合大学。

取样时间:2011年3月~2012年3月。

(2) 水源水水样

取样地点:陡河水库。

取样时间:2011年3月~2012年3月。

#### 1.1.2 培养基

HGZ培养基<sup>[3]</sup>:用于大多数藻类的培养,蓝藻生长最佳;

水生104号含氮培养基<sup>[4]</sup>中加入葡萄糖(0.05g/L):用于大多数藻类的培养;

自制的硅藻培养基:培养硅藻。配方:Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0.01g, MgSO<sub>4</sub> 0.01g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.01g, Na-SiO<sub>3</sub> 0.025g, KNO<sub>3</sub> 0.04g, 蒸馏水 1000ml。

#### 1.1.3 染液<sup>[5]</sup>

鲁哥氏碘液;中性红;梅氏苏木色素等。

### 1.2 水样的采集和培养方法

#### 1.2.1 水样的采集方法

自来水水样:酒精灯灼烧水龙头5min,放水5min,取样时在水柱周围点燃用纱布缠绕的火圈,形成局部无菌区,用已灭菌的三角瓶取样。

水厂水和水源水水样:用75%酒精浸泡过的塑料桶装样采集水厂水水样,采样后迅速运回实验室。

#### 1.2.2 培养方法

液体培养:在三角瓶中培养,接种比例为V培养基:V水样=1:2。

固体培养:液体培养基中加入1.5%的琼脂,培养皿中加入约1cm厚的培养基,加0.2ml藻液,涂布。

培养条件:(28±1)℃、24h连续光照(2000Lux)静置培养。

## 1.3 藻类分离方法

### 1.3.1 培养基筛选法

根据不同藻类对营养物、离子等需求不同而选出不同的培养基,利用这些培养基对藻类进行初步富集筛选。

使用的培养基有:HGZ培养基,水生104号含氮培养基+葡萄糖,自制的硅藻培养基。

### 1.3.2 稀释分离法<sup>[4,6]</sup>

用5个无菌试管,在第一个试管中加入蒸馏水10ml,第2~5个试管中都加入5ml蒸馏水。在第一个试管中加藻类混合液1~2滴,充分振荡,使其均匀稀释。然后用消毒移液管吸取第一个试管中混有藻的液体5ml加入第二个试管中,如前振荡,使其均匀稀释。以后依次同样加入第3~5试管,

收稿日期:2012-08-29

基金项目:唐山市重点资助项目(12130211A)。

作者简介:王梅梅(1980-),女,衡水人。河北联合大学讲师。主要研究方向:淡水藻类。



并都充分振荡,使其均匀稀释。然后分别镜检5个试管,如在1滴中只发现2~3个同一藻类个体,将这个试管作为原液,分别取1滴加到装有培养基的小指管中。做大量的分离,将其放入光照培养箱中培养。

### 1.3.3 平板划线分离法<sup>[4,5]</sup>

在筛选出的培养基中加入2%的琼脂制成固体培养基,倒平板。用接种环挑取一环培养液,在平板上划线,光照培养,待长出藻群落后挑取藻体继续划线,培养。在培养过程中镜检,直到在平板上长出单个藻群落,镜检为单种藻类为止。该方法可与稀释法结合应用。

### 1.3.4 离心分离法<sup>[4]</sup>

将培养液离心,不同种藻类虽都向离心管底部下沉,但由于其大小各不相同而以不同的速率下沉。因此,在离心的过程中,不同种的藻类可相互分离。镜检,选择某种藻类含量最多的沉淀物,再加入无菌水,继续离心,一直持续到可得到较纯的藻体。

### 1.3.5 毛细管分离法

主要工具是微细玻璃管。用微细玻璃管在中央部加热后拉长6~10cm,使口径缩小到0.008~0.16mm。拉长后的毛细管供吸取藻体用。在吸取时,要利用一小段较厚的橡皮管,一端套在吸管上,作为吸取藻体用。在压出藻体时,可直接利用吸耳球吹出。将吸入的藻体吹进装有培养基的小指管中进行培养。

### 1.3.6 小滴分离法<sup>[6]</sup>

用微量取液器进行操作,把与取液器配套使用的枪尖包扎灭菌备用;将欲分离的样品制成均匀的悬浮液并作适当稀释;用微量取液器吸取悬浮液,在无菌的载玻片上以纵横成行的方式滴数个小液滴,用显微镜镜检;当发现某一小滴内只有一种藻体时,用另一无菌枪尖将此小滴移入已灭菌的培养基内,经培养可能得到较纯的藻体。

### 1.3.7 pH值分离法

利用HGZ培养基适合多数藻类的生长这一特性,将其pH值调到3,4,5,6,7,7.5,8,8.5,9,将富集的藻类混合物接种到其中。在光照培养箱中培养。这种方法可以分离那些对pH值要求比较敏感的藻类。其中蓝藻多数适合生长在碱性水体中。

### 1.3.8 温度分离法

此法主要用于金藻和蓝藻的混合液。金藻对温度变化敏感,喜低温,在早春、晚秋大量繁殖。

蓝藻一般喜欢较高的温度,在夏季、秋季大量生长。

将含有念珠藻和金藻的混合液放在水浴锅中,在温度42℃中分别培养6h,12h,18h,24h后,取出放入光照培养箱中培养。

金藻在42℃时停止运动,念珠藻也受到一定影响,但相对较小。

### 1.3.9 抑制剂分离法

利用的主要药品有:制霉菌素、苯菌灵、多菌灵等。

利用抑制剂对真核生物有作用而不影响原核生物的特性来分离蓝藻。

经试验观察,制霉菌素效果较好。

## 1.4 藻类保藏方法

### 1.4.1 液体保藏

用于保藏的培养液浓度比正常的培养液浓度高一倍。试管和三角瓶均可。

### 1.4.2 斜面保藏

制备琼脂培养基时,营养液浓度也比正常的培养液浓度高一倍,琼脂含量不宜过多,一般1~1.5%即可;斜面也不宜过大。用胶塞或棉塞依不同藻类而定。

### 1.4.3 固液双相保藏

在斜面保藏培养基中加入液体保藏培养基,液体没过斜面为宜。该培养基的优点在于培养液不易蒸发,可以较长时间保藏藻种。

### 1.4.4 补充说明

应用以上三种培养基保藏时,在接种后均需先放在适宜的光照与温度条件下,使藻种能够迅速增殖。在藻体的生长达到最大程度前,要把其转移到光线交暗、温度较低处。用纸遮盖,可防护棉塞不沾灰尘并减少蒸发。保存期间要不断分养。每一藻种的保存至少分三种不同年龄,最老的用于分养,其余两种备用。如固体培养物变干,可加入液体培养基继续培养。

## 2 讨论

### 2.1 分离纯化方法讨论

除已有的分离方法外,根据不同藻类的生理特性,又自行设计并试验了多种方法,如温度分离法、pH分离法、抑制剂分离法等,且效果较好,结果见表1。

HGZ培养基适合多数藻类生长,蓝藻生长最佳,例如念珠藻和席藻;水生104号含氮培养基+葡萄糖适合大多数藻类的生长,如绿藻、金藻等;

自制的硅藻培养基适合舟形藻的生长。平板划线分离法、毛细管分离法和小滴分离法均可与稀释法结合使用。培养过程中念珠藻和金藻混杂在一起，可用离心法进行分离，离心后念珠藻在下层，金藻在上清液中，去上清，加无菌水继续离心，一直重复至较纯，可用来分离单细胞的绿藻和金藻。pH 分离法可用来分离念珠藻和席藻。HGZ 培养基的 pH 调成碱性后，短时期内只有念珠藻和席藻可以良好生长，这样就可把其他种的藻类去除掉。注意要及时观察念珠藻和席藻的生长情况，时间过长，它们也会死亡。温度分离法主要适用于金藻和念珠藻的混合液中的念珠藻的分离。念珠藻耐高温，金藻喜

低温，对温度变化敏感。苯菌灵、多菌灵属于农药类物质，对人体有害，并且它们对藻类的生长抑制性不强，不易采用。制霉菌素相对比较安全，而且对真核藻类的抑制效果比较明显，例如可以使金藻细胞裂解，可以杀死栅藻。这样，对于金藻和蓝藻或者栅藻和蓝藻的混合液中的蓝藻的分离就可在培养液中加入制霉菌素，可以分离出蓝藻。通常加入制霉菌素的量为 0.3 ~ 0.4 万单位/ml。

## 2.2 保藏方法讨论

由于需要长期存储，培养基要长时间供给藻体营养，所以保藏用的培养基的营养成分浓度都要较高，一般比正常培养基浓度高一倍。

表 1 不同分离方法的比较

分离方法	分离种类	缺点
培养基筛选法	不同培养基可富集不同的藻类	只适合水样中藻类最初的富集培养，该方法专一性不强
稀释分离法	分离单生的种类	对丝状体的分离不适用
平板划线分离法	分离小球藻、栅藻和纺锤藻	对多数藻类都不适用
离心分离法	分离体积或重量相差较多的藻类	不适于个体相差不大的种类
毛细管分离法	分离单细胞的绿藻和金藻	工作量极大，需进行大量分离
小滴分离法	分离单细胞的绿藻和金藻	工作量极大，需进行大量分离
pH 值分离法	分离念珠藻和席藻	pH 过高或过低都会影响待分离藻种的正常生长
温度分离法	分离念珠藻	不能分离对温度不敏感的种类
抑制剂分离法	分离蓝藻	不适用于蓝藻以外的种类

表 2 几种藻种最佳保藏方法

	培养基种类	培养基状态	对通气的要求
念珠藻	HGZ 培养基	三角瓶中的固液双相	需通气
席藻	HGZ 培养基	试管中用固液双相	需通气
舟形藻	自制的硅藻培养基	液体培养基	对通气要求不高
月牙藻	HGZ 培养基	液体培养基	需通气
小球藻	水生 104 号含氮培养基 + 葡萄糖	液体试管、斜面和固液双相均可	对通气要求不高
栅藻	HGZ 培养基	液体培养基	对通气要求不高
纺锤藻	水生 104 号含氮培养基 + 葡萄糖	斜面培养基	对通气要求不高
金藻	水生 104 号含氮培养基 + 葡萄糖	液体培养基	对通气要求不高

栅藻在固体上生长细胞容易散落，分散成单个细胞，而在液体中则长势良好；在液相中保藏的纺锤藻由于生长过于旺盛，细胞形态变化很大，且容易衰老，色素体消失；金藻在斜面或有固体的双相培养基中不能正常生长，鞭毛脱落，细胞膨大，外观看变黄、粘稠，细胞死亡；舟形藻在自制的硅藻培养基中生长最好，由于舟形藻具壳，比较硬，又有游动的性质，因此在固体培养基中几乎不生

长，所以用液体保藏；蓝藻门的三种：念珠藻、席藻都需要良好的通气条件，所以必须用棉塞（试管）或纱布（三角瓶）。念珠藻在固体培养基上生长，但是藻链变短，细胞变大，且生长缓慢；另外两种在固体培养基上几乎不生长。念珠藻在纯液体中生长太快，易衰老死亡，最长只能维持半个月时间；而在三角瓶中的固液双相保藏效果最佳，可以保藏数月。席藻在试管中用固液双相保藏效果最

好,而在三角瓶的液体培养基中,生长迅速,藻丝聚集成团或者培养液变红,这都是衰老的标志。

保藏的藻种需要定期转接活化,除念珠藻需要短期就进行转接,一般三个月转接一次;其余藻种可保藏较长时间,一年转接一次即可。

### 3 小结

本实验对唐山市水源水和终端水中藻类进行富集培养、分离纯化。除已有的分离方法外,根据不同藻类的生理特性,又自行设计并试验了多种方法,如温度分离法、pH分离法、抑制剂分离法等,且效果较好。蓝藻分离可以采用培养基初步筛选法;平板划线分离法、毛细管分离法和小滴分离法均可与稀释法结合使用,分离单细胞藻类,如绿藻、金藻;温度分离法可以分离较耐高温的藻类,抑制喜低温藻的生长,从而达到分离目的。

同时探索各藻种的最佳保藏方法,保藏用的培

养基的营养成分浓度都要较高,一般比正常培养基浓度高一倍。念珠藻、席藻等蓝藻适宜用固液双相培养基保藏;舟形藻、月牙藻、栅藻、金藻适宜用液体培养基保藏;另外保藏的藻种需要定期转接活化。

#### 参考文献:

- [1] 张经浩. 论藻类植物的经济价值及其对人类的意义 [J]. 安徽教育学院学报, 2000, 18 (3): 79-81.
- [2] 房英春, 苏宝玲. 藻类与人类的关系 [J]. 特种经济动植物, 2001, (12): 21.
- [3] 沈韞芬, 顾曼如, 施之心, 等. 微型生物监测新技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991: 146-147.
- [4] 华汝成. 单细胞藻类的培养与利用 [M]. 北京: 农业出版社, 1986: 272-356.
- [5] 朱浩然. 植物制片技术学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1960.
- [6] 湛江水产学校. 海洋饵料生物培养 [M]. 北京: 农业出版社, 1980.

## Separation and Purification of Algae in the Fresh Water

WANG Mei-mei, XIONG Ya-nan, LIU Ai-hua, ZHANG Guang-ling  
(Hebei Union University, Tangshan Hebei 063000 China)

**Abstract:** Taking the source water and end-pipe water in Tangshan Municipality as the experimental materials, we discuss the separation and purification of the algae in the fresh water. There are about nine methods, namely substrate screening method, dilution separation method, streak plate separation method, centrifugation separation method, capillary separation, drop separation, pH separation, temperature separation and inhibitor separation. The storing of the algae is also discussed in the paper.

**Key words:** algae; separation and purification; method

# 气相色谱法测定大气中乙酸乙酯和 甲基丙烯酸甲酯

夏荣波

(靖江市环境监测站, 江苏 靖江 214500)

**摘要:**建立了用气相色谱法测定大气中乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯的方法。大气中乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯活性炭吸附, 二硫化碳解吸, DB-200 毛细管柱分离, 直接进样分析, 氢火焰离子化检测器检测, 时间定性, 峰面积定量。本方法前处理简便, 分离度好, 分析灵敏度高, 满足环境分析要求。

**关键词:** 乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯; 大气; 气相色谱法; 测定

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0122-03

乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯是常用的有机溶剂, 无色液体, 易挥发, 易燃, 能溶于氯仿、乙醇、丙酮、二硫化碳和乙醚等多种有机溶剂。由于乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯挥发性强, 在生产和使用的过程中, 容易弥散在空气中, 对眼睛、皮肤、粘膜和上呼吸道造成刺激, 长时间接触对人有麻醉作用, 可致头晕和头痛。目前国内还没有对空气中乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯的标准测定方法, 空气对乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯分别用气相色谱法进行测定有过文献报道<sup>[1-2]</sup>, 但环境空气和废气中这二种物质同时分离和测定的方法还较少。本文通过实验, 建立了活性炭吸附, 二硫化碳解吸, 毛细管柱气相色谱同时测定空气中的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯, 简化了单独测定时的步骤, 节约了试剂成本和检测人员的时间。活性炭吸附采集大气中的有机污染物技术成熟, 操作方便, 适用范围较广, 对仪器设备要求较低。此法采样简单方便, 分析快速, 准确度、灵敏度高, 适合对环境空气和工业废气中的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯的同时监测。

## 1 试验部分

### 1.1 仪器和试剂

气相色谱仪, Agilent6890N, 具火焰离子化检测器, 美国 Agilent 仪器公司; 2ml 安捷伦螺纹口样品瓶; 10ml 溶剂解吸瓶。

活性炭吸附采样管 (内装 20/40 目活性炭), 北京市劳保所科技发展有限公司; KB-120TSP 大气采样器, 青岛崂山电子仪器实验所。

二硫化碳、乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯 (均为色谱纯)。

安捷伦微量注射器 10 $\mu$ l、25 $\mu$ l, 1000 $\mu$ l 移液器。

### 1.2 色谱条件

DB-200 毛细管色谱柱 (30m  $\times$  0.53mm  $\times$  1 $\mu$ m); 柱温: 90 $^{\circ}$ C; 汽化室温度: 200 $^{\circ}$ C; 检测器温度: 250 $^{\circ}$ C; 空气流量: 350ml/min; 氢气流量 55ml/min; 载气为高纯氮气流量: 4.0 ml/min 分流进样, 分流比为 10:1, 进样量为 1 $\mu$ l。

### 1.3 样品采集和前处理

用大气采样器以 0.5L/min 流量采集 20min, 采得空气样品 10L, 同时在现场作样品空白。采样后将活性炭管两端套上塑料帽, 标记号码后置于清洁容器内保存带回实验室分析。将上述采过样的活性炭倒入 10ml 具塞比色管中, 加 1ml 二硫化碳, 塞紧管塞振荡 1min, 放置 30min (或稍长) 并不时振荡解析, 在与校准曲线相同条件下进样分离测定<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 校准曲线配制和样品测定

用 1000 $\mu$ l 移液器移取 1000 $\mu$ l 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 10 $\mu$ l 微量注射器移去 6 $\mu$ l, 再补充加入 4 $\mu$ l 乙酸乙酯、2 $\mu$ l 甲基丙烯酸甲酯, 配制成标准贮备混合液, 浓度分别这 3608mg/L 和 1888mg/L。用 1000 $\mu$ l 移液器移取 1000 $\mu$ l 二硫化碳到螺纹口样品瓶中, 用 25 $\mu$ l 微量注射器分别移去 1 $\mu$ l、3 $\mu$ l、5 $\mu$ l、10 $\mu$ l、15 $\mu$ l, 再补充加入相同量的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准贮备混合液, 以乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯保留时间定性, 色谱峰面积外标曲线法定量进行线性回归, 得线性回归方程, 校准曲线方程见表 1、表 2。

收稿日期: 2012-10-22

作者简介: 夏荣波 (1976-), 女, 靖江市环境监测站, 本科, 工程师, 从事环境监测。

表1 乙酸乙酯校准曲线

	1	2	3	4	5
标液 3608mg/L / $\mu\text{l}$	1	3	5	10	15
标物/mg · L <sup>-1</sup>	3.61	10.82	18.04	36.08	54.12
峰面积响应值	1.66770	4.78614	8.08482	14.86961	22.35064
曲线方程	Y = 0.406X + 0.403				
相关系数	R = 0.9996				

表2 甲基丙烯酸甲酯校准曲线

	1	2	3	4	5
标液 1888mg/L / $\mu\text{l}$	1	3	5	10	15
标物/mg · L <sup>-1</sup>	1.89	5.66	9.44	18.88	28.32
峰面积响应值	1.89723	5.50382	9.25958	17.2443	25.68534
曲线方程	Y = 0.893X + 0.449				
相关系数	R = 0.9997				

用测定校准曲线的操作条件,测定样品和空白样品的解吸液,测定样品的峰面积减去空白样品的峰面积后,由标准曲线得出乙酸乙酯和甲基丙烯酸

甲酯的样品浓度,保留时间为定性指标。

## 2.2 检出限的测定

乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准系列稀释后经气相色谱分析,以仪器恰好能产生与噪声相区别的响应信号时,以3倍信噪比计,计算乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯的检出限分别为0.07mg/L和0.03mg/L,在采样体积为10L的条件下,乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯最低检出质量浓度分别为0.007mg/m<sup>3</sup>和0.003mg/m<sup>3</sup>。

## 2.3 精密度和准确度

取15个空白活性炭管,平均分成3组,向第一组5个活性炭管中依次加入1 $\mu\text{l}$ 的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准中间溶液,向第二组5个活性炭管中依次加入3 $\mu\text{l}$ 的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准中间溶液,向第三组5个活性炭管中依次加入5 $\mu\text{l}$ 乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准中间溶液,最后再按1.3进行样品处理后进入色谱柱测定。结果见表3、表4。

表3 乙酸乙酯精密度与回收率的测定结果

	1	2	3	4	5	平均值/mg · L <sup>-1</sup>	RSD/%
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61		
1 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	3.48	3.50	3.44	3.39	3.46	3.45	4.22
回收率/%	96.4	97.0	95.3	93.9	95.8		
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	10.82	10.82	10.82	10.82	10.82		
2 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	10.44	10.42	10.45	10.55	10.43	10.46	5.26
回收率 (%)	96.5	96.3	96.6	97.5	96.4		
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04		
3 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	18.88	18.92	18.84	18.87	18.97	18.90	5.03
回收率/%	104.7	104.9	104.4	104.6	105.2		

表4 甲基丙烯酸甲酯精密度与回收率的测定结果

	1	2	3	4	5	平均值/mg · L <sup>-1</sup>	RSD/%
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89		
1 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	1.92	1.98	1.94	1.95	1.99	1.96	2.88
回收率/%	101.2	104.8	102.6	103.2	105.3		
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	5.66	5.66	5.66	5.66	5.66		
2 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	5.50	5.47	5.40	5.47	5.45	5.46	3.70
回收率/%	97.2	96.6	95.4	96.6	96.3		
加标值/mg · L <sup>-1</sup>	9.44	9.44	9.44	9.44	9.44		
3 测定值/mg · L <sup>-1</sup>	9.38	9.36	9.32	9.37	9.39	9.36	2.70
回收率/%	99.4	99.2	98.7	99.3	99.5		

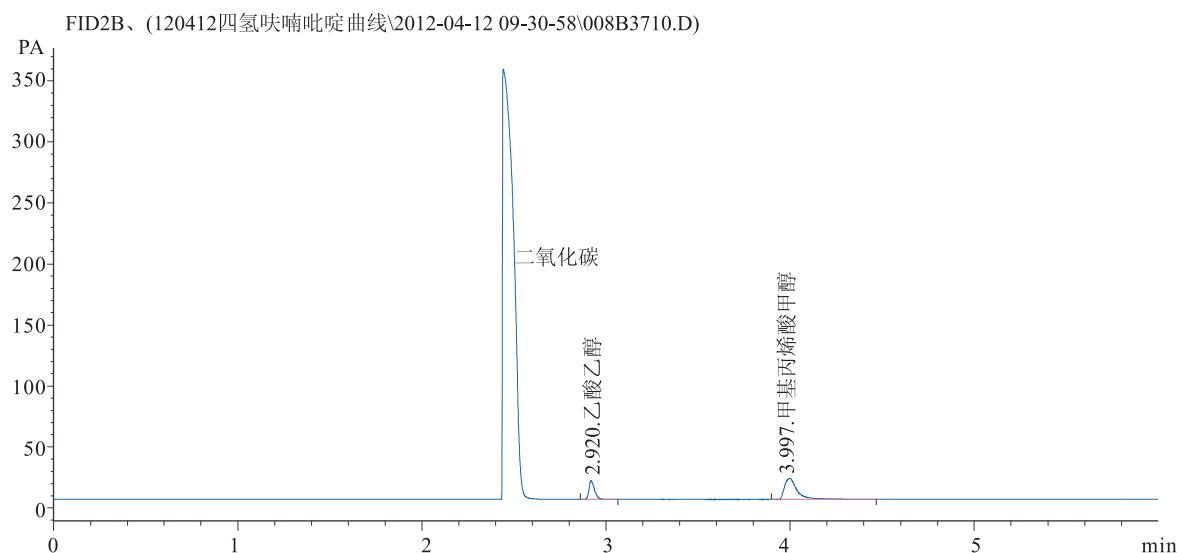


图1 乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯气相的色谱分离图

#### 2.4 标准气相色谱峰

在上述色谱条件下测定乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯标准溶液，气相色谱峰见图1。

由图1可见，乙酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯和二硫化碳分离与响应良好。

#### 3 结论

应用活性炭管采集空气和废气中的乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯，二硫化碳解吸，经毛细管色谱柱分离后，用氢火焰离子化检测器检测。采用保留时间定性，色谱峰面积外标曲线法定量。结果表明该方法线性关系良好，且回收率高，精密度好，检出

限低。经实际操作证明，该法操作简便、分析速度快、对仪器设备要求较低，能满足对空气和废气中乙酸乙酯和甲基丙烯酸甲酯的监测要求。

#### 参考文献：

- [1] 高岩, 姜汉硕. 热解析气相色谱法测定工作场所空气中乙酸甲酯和乙酸乙酯 [J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16 (2): 53-54.
- [2] 金党琴. 气相色谱法应急监测空气中甲基丙烯酸甲酯 [J]. 分析仪器, 2009, 6: 18-20.
- [3] 国家环保总局. 空气和废气监测分析方法指南 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.

## Determination of Atmospheric Ethyl Acetate and Methyl Methacrylate by Gas Chromatography Method

XIA Rong-bo

(Jingjiang Municipal Environmental Monitoring Station, Jingjiang Jiangsu 214500 China)

**Abstract:** The gas chromatographic method is established for determination of the ethyl acetate and methyl methacrylate in the atmosphere. Atmospheric acetic acid ethyl ester and methyl methacrylate, active carbon adsorption, carbon disulfide desorption, DB-200 capillary separation, direct injection analysis, hydrogen flame ionization detector, time qualitative, and peak area quantitative. This method is an easy pretreatment with good separation and high analysis sensitivity, and meets the demands of the environmental analysis.

**Key words:** ethyl acetate and methyl methacrylate; air; gas chromatography; determination

# 高锰酸盐指数测定方法的现状及研究动态

陈丽琼<sup>1</sup>, 茹婉红<sup>2</sup>, 胡勇<sup>3</sup>, 余东波<sup>4</sup>, 茹菁宇<sup>5</sup>

(1. 云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034; 2. 上海航天化工应用研究所, 上海 201109;

3. 西南林业大学, 云南 昆明 650224; 4. 云南省科学技术情报研究院, 云南 昆明 650051;

5. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 较为全面地论述了高锰酸盐指数测定方法的发展及研究现状, 指出研究试剂用量少、分析速度快、省时节能、简单易行, 能同时测定多个样品的 COD<sub>Mn</sub> 测定方法具有极为重要的意义, 而研究与应用适应性强、污染少、运行可靠、性价比高的高锰酸盐指数在线监测仪则是 COD<sub>Mn</sub> 监测的发展趋势。

**关键词:** 高锰酸盐指数; 测定方法; 研究动态

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0125-04

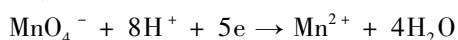
高锰酸盐指数 (COD<sub>Mn</sub>) 是指在酸性或碱性介质中以高锰酸钾为氧化剂处理水样时所消耗的量, 以氧的 mg/L 来表示, 是衡量地表水体受有机物和还原性无机物污染程度的一项综合性指标, 一般适用于地表水、饮用水和生活污水的测定<sup>[1]</sup>。在日本和德国等国 COD<sub>Mn</sub> 均是必测指标<sup>[2,3]</sup>, 我国是在 2006 年颁布的《生活饮用水卫生标准》中, 才将 COD<sub>Mn</sub> 提升为常规监测项目<sup>[4]</sup>。我国现行标准测定 COD<sub>Mn</sub> 采用滴定法, 但该方法耗时, 操作不便, 工作强度大, 易引入主观误差和造成二次污染, 还难以实现在线和远程分析。因此, 积极探索高效、合理, 又有利于实现在线、远程监测的新方法具有极为重要的意义。近年来, 对 COD<sub>Mn</sub> 测定方法的研究, 包括对标准方法的改进及其它 COD<sub>Mn</sub> 快速测定的方法, 都已取得了相当大的进展, 本文拟对此作一简要评述。

## 1 滴定法

根据测定溶液的介质不同, 滴定法分为酸性法和碱性法, 酸性法适用于氯离子含量不超过 300mg/L 的水样, 当氯离子浓度高于 300mg/L 时, 应采用碱性分析法, 这是因为在碱性条件下高锰酸钾的氧化能力稍减, 它不能氧化水中的氯离子。

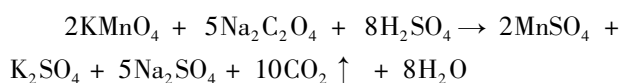
酸性法和碱性法的反应原理<sup>[5,6]</sup> 简述如下:

(1) 酸性条件下沸水浴中加热氧化 30min:

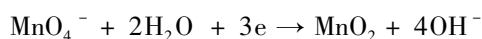


趁热加入 10ml 0.0100mol/L 的草酸钠标准溶

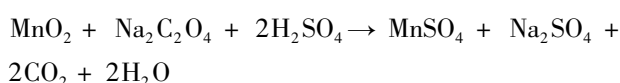
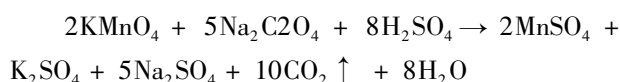
液还原剩余的高锰酸钾, 再用 0.01mol/L 高锰酸钾反滴定至微红色:



(2) 碱性条件下沸水浴中加热氧化 30min:



加酸酸化后, 用草酸钠标准溶液还原剩余的高锰酸钾和反应生成的二氧化锰, 再用高锰酸钾滴定至微红色:



滴定法的优点是高锰酸钾氧化能力强, 可以氧化多种无机物和有机物, 且高锰酸钾本身有颜色, 滴定时不需另加指示剂。但也存在水浴时间长、温度要求严格、步骤繁琐、实验效率低、对实验用水要求较高、滴定终点不易判断、容易产生误差等问题<sup>[7]</sup>。因此, 在测定 COD<sub>Mn</sub> 时, 必须严格遵守操作规定, 才能获得准确可靠、具有可比性的结果。

## 2 消解方法

### 2.1 水浴加热法

采用标准方法测定 COD<sub>Mn</sub> 时, 样品消解通常采用水浴加热的方式进行, 但该方法消解时间过长, 一般需要 30min, 而且水浴是否沸腾的判断标准不明显, 易受主观因素的影响; 水浴沸腾温度易受外界环境条件的影响, 经常达不到实验要求, 会导致测定结果出现偏差。用此方法测定 COD<sub>Mn</sub> 不仅效率低, 还影响结果的精密度和准确度, 当分析大批量样品时尤为突

收稿日期: 2012-10-08

作者简介: 陈丽琼 (1981-), 女, 云南沾益人, 硕士, 工程师, 从事环境监测与分析方面的工作。

出,所以该方法的实验条件亟待改进。

## 2.2 直接加热法

研究者<sup>[8,9]</sup>采用电炉或电热板代替水浴直接加热测定  $COD_{Mn}$ ,通过大量的实验摸索与对比研究,结果表明直接加热法是可行的,不仅能消除因地区差异带来的误差,还具有省时、省力、省电、分析速度快等优点,可用于大批量样品的分析。但在直火加热操作中应注意当反应液加热至沸腾后应调节设备以保持微沸,以免温度过高,样品易蒸发而影响测定结果。水样酸度、试剂的用量和加入顺序、反应时间和温度等条件对测定结果均有影响,在各次测定中必须严格保持一致,才能得到比较可靠的结果。

## 2.3 节能加热法

针对水浴加热存在的问题,王俊荣<sup>[10]</sup>采用 COD 节能恒温加热器代替水浴加热测定  $COD_{Mn}$ ,经实例检测及与标准方法比较,测定结果与水浴法一致,且具有较高的精密度和准确度。节能加热法省时省电,还能减少水样的挥发损失,可用于批量样品分析。陈锦文<sup>[11]</sup>采用带盖钢精锅进行水浴加热,保证了体系的酸度和均匀性,并且能减少水样的蒸发,使实验条件得以较好地控制,从而保证了实验结果的准确性和精密度。

## 2.4 微波消解法

高岐<sup>[12]</sup>和窦宪民<sup>[13]</sup>等利用微波加热技术,在微波炉内用耐高温和酸碱腐蚀的聚四氟乙烯生料带密封容器进行样品处理,样品和试剂通过对微波能的深层吸收,在交变磁场的作用下,分子发生极化,加快其反应速度,5min内可一次性完成近20个样品的消解工作。该方法操作简便,测定结果与标准方法相比没有显著性差异,且精密度和准确度均较为理想。许美玲等<sup>[14]</sup>利用微波密封消解法测定水样的  $COD_{Mn}$ ,结果证明该方法的准确性和精密度均符合标准要求,还具有速度快、操作简便的优点。利用该方法测定水样中  $COD_{Mn}$ 时,抗  $Cl^-$  干扰的能力要显著强于国标方法。因此,在实际监测工作中,这是一种代替国标方法的好方法。

## 2.5 快速消解法

为了弥补标准法存在的缺陷,许多研究者<sup>[15,17]</sup>采用各种快速消解装置,如 XJ-I型 COD 消解装置、美国 Hach 公司生产的 DRB200 型  $COD_{Cr}$  消解装置、HCA-100 标准消解器等来加热测定  $COD_{Mn}$ ,结果均表明采用快速消解法测定  $COD_{Mn}$ 具有试剂用量少、分析速度快、省时节能、简单易行,能同时测定多个样品,且测定结果的精密度与准确度好,与标准

法相比无显著性差异。采用快速消解法测定  $COD_{Mn}$ 不仅提高了工作效率,还能减少工作量和降低劳动强度,因此该方法更加适合于工作量大、分析频次高的地表水中  $COD_{Mn}$ 的测定。

## 3 电位滴定法

目前只有自动站的  $COD_{Mn}$  自动监测仪是根据高锰酸盐氧化-还原滴定法来测定  $COD_{Mn}$ ,实验室尚未用电位滴定仪进行测定。陈云南等<sup>[18]</sup>采用电位滴定分析仪 905 Titrand,首次将高锰酸盐氧化-还原电位滴定法用于实验室测定  $COD_{Mn}$ 。该方法与国标方法原理相同,主要差别是手工滴定改成了电位滴定。该方法可以减少工作量和降低劳动强度,而且滴定终点不易受主观因素的影响,但等量滴定作样时比较慢,而且当室温低于  $20^{\circ}C$  还需进行保温处理,所以该方法实质上并不适宜于技术部门测定批量水样的  $COD_{Mn}$ 。

## 4 分光光度法

### 4.1 双波长分光光度法

何平<sup>[19]</sup>在酸性高锰酸钾法和  $Mn^{+7} + I^- + H^+$  反应液吸收光谱的基础上,对双波长光度法测定  $COD_{Mn}$ 进行了研究,结果显示该方法精密度和准确度均比传统滴定法高,计算曲线稳定性好,适合于江河、湖泊等水体中  $COD_{Mn}$ 的分析测试。齐爱玖等<sup>[20]</sup>通过试验研究进一步确定了双波长分光光度法测定  $COD_{Mn}$ 的最佳实验条件:双波长为 530nm 和 580nm;加热温度为  $92^{\circ}C$ ;加热时间为 30min;实验结果的精密度、准确度、加标回收率均在允许的范围内。通过与国标法比较后确定该方法可用于地表水、自来水、生活污水等多种水体中  $COD_{Mn}$ 的测定。

### 4.2 紫外可见分光光度法

紫外可见分光光度法作为一种常见的分析测试方法,已被广泛应用与化学、生命科学、材料科学以及环境科学等诸多领域,同时被许多学者作为  $COD_{Mn}$ 测定的新方法进行了研究<sup>[21,22]</sup>。他们根据不同的原理,采用不同的方法处理样品,最后再应用分光光度法进行测定,通过换算得到样品的  $COD_{Mn}$ 值。研究结果与标准方法测定值相符,同时证明该方法具有快速简便、试剂试样量少、成本低、灵敏度高、精密度好等优点,适合于实验室测定水中的  $COD_{Mn}$ ,也有利于实现在线、远程监测,是一种环境友好型的分析测定方法,在实际应用中达到了满意的效果。

### 4.3 紫外光催化氧化法

近年来,利用紫外光辐射和氧化剂结合的紫外光催化氧化法开始应用于  $COD_{Mn}$ 的测定中,并引入



了纳米氧化锌和二氧化钛光催化剂。这类方法虽简单、准确,但没有实现真正意义上的自动分析,且光催化剂不能循环利用,易造成二次污染。而冯丽等<sup>[23]</sup>将紫外光催化氧化与流动注射技术结合,建立了基于 $\text{KMnO}_4$ 褪色反应的在线光催化氧化光度法快速测定 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 的方法,不仅可以避免使用二氧化钛光催化剂带来的二次污染和减少试剂试样量,而且分析周期较短。采用该方法进一步优化后的实验条件对多种实际水样进行测定,结果与标准方法具有较好的一致性。

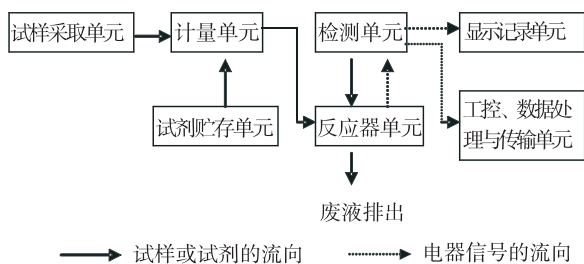
## 5 流动注射分析法

大量的实验研究<sup>[24,25]</sup>证实,采用流动注射分析法测定 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 具有灵敏度高、检出限低、精密度和准确度较好、测量范围宽、分析速度快、操作简便等优点,可用于实现 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 的全自动在线监测。目前以荷兰Skalar San++流动分析仪为代表,采用传统的预处理技术,稳定性高、重现性好,是传统分析方法结合现代数据处理技术的典范。该分析系统适用于检测组分较复杂的样品,尤其在分析大批量水样时更具优势。该方法可用于生活饮用水、地表水、地下水及排污口的水质监测,实验结果与酸性高锰酸钾法相比,相对偏差较小。

## 6 在线自动监测技术

高锰酸盐指数在线自动分析仪采用的方法原理主要有3种:高锰酸盐氧化—化学测量法、高锰酸盐氧化—电位滴定法和UV计法<sup>[26]</sup>。

高锰酸盐氧化—化学测量法与高锰酸盐氧化—电位滴定法的前处理都是水样进入仪器的反应室后,加入过量高锰酸盐标液,用浓硫酸酸化后,在 $100^\circ\text{C}$ 回流(或采用其它方法消解)一定的时间,反应结束后,前者用光度法或氧化还原滴定法测定剩余的 $\text{Mn(VII)}$ ,后者需加入过量的草酸盐标液,再用高锰酸盐标液回滴,终点用氧化还原电位(ORP)法确定,经换算得到水样的 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 值。UV计法与水质化学需氧量在线自动分析仪类似,其基本构成见图1。



→ 试样或试剂的流向      -.-> 电器信号的流向

图1 高锰酸盐指数自动分析仪的构成

目前, $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 在线自动监测仪的常见品牌有法国SERES 2000型、德国科泽K301型、日本DKKCOD-203型、日本纪本KIMOTO VS 6020型、湖南力合LFKM-D2001型、南京水文所COD监测仪、广州怡文EST-2007型和南京德林DL-2006型等。在我国水质自动监测系统中,这些品牌均有一定的市场份额,但目前仍以国际品牌为主。其中法国SERES 2000型、德国科泽K301型、日本DKKCOD-203型份额较大,约占80%以上;国产品牌以湖南力合LFKMD2001型为主,其他品牌使用较少<sup>[27]</sup>。各品牌仪器均具有自动量程转换、标准输出接口、数字显示与存贮、自动清洗、状态自检和报警、干运转和断电保护、来电自动恢复等功能。实际运行过程中进口仪器在稳定性、故障率方面较好,但其维护及校准相对复杂;国产仪器价格及维护费用较低,但其稳定性一般,故障率偏高。

随着 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 在线自动监测仪的广泛应用,其操作使用越来越规范,但在应用与发展方面仍有许多问题需要进一步认识与改进,如标准溶液使用不规范、滴定终点判定时易产生误差、未考虑干扰排除问题、方法原理及性能的相关标准不统一、不能完全保证与实验室间的成功比对、尚未实现自动标定功能等。如果想要保证市场份额和更好地满足我国水质在线自动监测的要求, $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 在线自动监测仪必须从稳定性、高精度、低故障、易维护等方面下功夫。

## 7 灰色理论模型法

灰色理论模型是由邓聚龙于1982年提出来的,具有较强的适应性,可对系统的发展变化进行全面的分析观察,从而作出相应的预测,目前在环境保护行业中逐渐受到重视。水环境质量变化中既有已知参数,又有许多未知参数和不确定参数,为一灰色系统。吴慧如<sup>[28]</sup>和杨满芽<sup>[29]</sup>利用灰色系统模型对 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 的浓度变化进行预测分析,所得结果对未来环境变化具有一定的指导作用,为环境污染预防及治理提供了科学依据。但灰色系统模型只能进行近期预测,如果要用该模型进行长期预测,可把每一个后续数据加到原始矩阵中,同时去掉等量最旧的数据,得到新的矩阵,进行滚动预测。

## 8 结语

随着社会各行业的发展,环境污染也日益严重,有害物质及工厂排放的污染物含量不断增加,严重破坏着生物赖以生存的环境<sup>[30]</sup>。及时掌握水质状况,进行水质评价,迅速准确地对各种水质做出预测,能随时应对突发性事件的发生,为有关部

门的决策提供准确可靠的科学依据,是水环境监测需要完成的任务。然而,由于受到种种因素的限制,我国水环境监测目前仍以人工采样和实验室分析为主,在线化、自动化、智能化、网络化、系统化的水环境监测仪还很缺乏。因此,进一步研究更为准确高效的实验室分析测定  $COD_{Mn}$  的方法与仪器,开发应用具有自主知识产权、操作简单、分析速度快、污染少、性价比高的  $COD_{Mn}$  在线连续自动监测仪器具有深远的意义。

参考文献:

- [1] 杨斌,蒋澄. 准确测定高锰酸盐指数考核样的方法 [J]. 环境科学导刊, 2007, 26 (增刊): 82 - 83.
- [2] Ministry of Health, Labour and Welfare. Guidelines for Japanese Drinking Water Quality (Health Ministry Ordinance 101). Tokyo: Tokyo Act Press, 2004.
- [3] German Ministry of Health. Regulation on the Quality of Water for Human Consumption (BG Bl I 2001, 959). Hamburg: Felix Meiner Press, 2001.
- [4] 蒋绍阶,石芙蓉,郑怀礼. 紫外-可见光谱法测定高锰酸盐指数的研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 29 (8): 2227 - 2231.
- [5] 李振声,杨懂艳. 关于对“碱性高锰酸钾指数标准分析方法的错误”的讨论 [J]. 中国环境监测, 2007, 23 (2): 52 - 54.
- [6] 张金艳. 酸性法测定高锰酸盐指数原理解析 [J]. 环境科学导刊, 2011, 30 (6): 94 - 95.
- [7] 刘红霞,朱雅兰,李琼. 水体中高锰酸盐指数测定方法的现状与进展 [J]. 黄石理工学院学报, 2011, 27 (4): 27 - 31.
- [8] 文长英,陈波平,范红军. 用直接加热代替水浴加热测定高锰酸盐指数 [J]. 干旱环境监测, 2001, 15 (3): 187 - 188.
- [9] 韩靖,党慧雯. 电热板直接加热法测定地表水高锰酸盐指数 [J]. 固原师专学报 (自然科学版), 2001, 22 (6): 48 - 49.
- [10] 王俊荣. 节能加热法测定高锰酸盐指数 [J]. 干旱环境监测, 2001, 15 (1): 61 - 62.
- [11] 陈锦文. 采用有水蒸气气氛的水浴加热法测定高锰酸盐指数 [J]. 化学工程与装备, 2006, (4): 41 - 43.
- [12] 高岐,李玉华,石众. 密闭微波快速测定  $I_{Mn}$  的研究 [J]. 河南化工, 2002 (3): 36 - 37.
- [13] 窦宪民,高岐. 环境水样中高锰酸盐指数的微波消解测定法 [J]. 农业环境与发展, 2002, (2): 41 - 42.
- [14] 许美玲,徐树兰. 微波消解法测定水中高锰酸盐指数的最佳条件 [J]. 广州化工, 2010, 38 (5): 169 - 171.
- [15] 强洪,隋北平,朱若华. 密封消解法测定 COD 的研究 [J]. 分析实验室, 2006, 25 (2): 77 - 79.
- [16] 蒋绍阶,石芙蓉,刘昕. 密封消解法测定  $COD_{Mn}$  [J]. 沈阳建筑大学学报 (自然科学版), 2008, 24 (4): 658 - 661.
- [17] 王野,陈睿阳,刘森,等. 快速消解加热法测定水中高锰酸盐指数 [J]. 东北师大学报 (自然科学版), 2012, 44 (2): 118 - 122.
- [18] 陈云南,黄菲,赵红,等. 电位滴定法测定水中高锰酸盐指数 [J]. 四川环境, 2012, 31 (1): 42 - 45.
- [19] 何平. 选择双波长光度法测定水体中高锰酸盐指数 [J]. 重庆环境科学, 1995, 17 (2): 55 - 58.
- [20] 齐爱玖,李万海,王红. 双波长分光光度法测定高锰酸盐指数 [J]. 吉林化工学院学报, 2002, 19 (4): 32 - 36.
- [21] 宋保军,孟新立,张艳丽,等. 紫外分光光度法测定水中高锰酸盐指数 [J]. 化学计量与分析技术, 2010, (10): 82 - 83.
- [22] 王玉功,高永宏,王建波,等. 紫外可见分光光度法测定地表水和地下水的高锰酸盐指数 [J]. 岩矿测试, 2010, 29 (5): 617 - 620.
- [23] 冯丽,张新申,冷庚,等. 紫外光在线催化氧化快速测定高锰酸盐指数 [J]. 分析化学研究简报, 2012, 40 (4): 630 - 633.
- [24] 赵镜浩,孙雷. 连续流动分析法测定水中高锰酸盐指数 [J]. 仪器仪表与分析监测, 2010, (4): 44 - 46.
- [25] 陆野,王忠喜,黄振荣. 流动注射法测定水中高锰酸盐指数的研究 [J]. 环境科学与管理, 2009, 34 (12): 102 - 105.
- [26] 李国刚. 水质高锰酸盐指数在线自动分析仪的发展现状 [J]. 干旱环境监测, 2000, 14 (3): 156 - 158.
- [27] 李军,王普力. 高锰酸盐指数在线自动监测仪的现状与问题 [J]. 环境污染与防治, 2009, 31 (8): 88 - 89.
- [28] 吴惠如,李丽玲,林坚. 灰色系统模型在高锰酸盐指数预测中的应用 [J]. 中国环境监测, 2001, 17 (4): 58 - 59.
- [29] 杨满芽,江发平,何小青. 高锰酸盐指数的灰色 GM (1, 1) 预测 [J]. 理化检验-化学分册, 2006, 42 (10): 824 - 825.
- [30] 邓延慧,孙红梅. 饮用水源地生态防护与水质改善的研究 [J]. 环境科技, 2009, 22 (1): 55 - 58.

## Present Situation and Research Progress of Determination Methods of Permanganate Index

CHEN Li-qiong<sup>1</sup>, RU Wan-hong<sup>2</sup>, HU Yong<sup>3</sup>, YU Dong-bo<sup>4</sup>, RU Jing-yu<sup>5</sup>

(1. Yunnan Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** This paper summarizes the progress and research situation of the determination methods of permanganate index overall at present. It is pointed out that the time-saving, energy-saving simple method, which uses less reagents and with a fast analysis speed is very significant for determining  $COD_{Mn}$ . The online  $COD_{Mn}$  monitoring instrument, which is of better applicability and reliability, with less pollution and cost, could be widely used in the future.

**Key words:** permanganate index; determination method; research progress

# 不同实验方法对测定叶绿素 a 的结果分析对比相关关系探讨

殷丽萍<sup>1</sup>, 孙 洋<sup>2</sup>

(1. 云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034; 2. 云南方源环保科技有限公司, 云南 昆明 650000)

**摘要:** 2009 年 1~8 月于滇池外海水体随机取样 20 组, 监测叶绿素 a 项目, 采用两种不同监测分析方法, 对其监测结果, 应用线性函数  $Y = a + bx$  的形式, 进行了一元线性回归相关关系 ( $r$ ) 值的显著性检验, 验证了两种监测方法之间的相关关系。

**关键词:** 叶绿素 a; 监测数据; 结果对比; 相关关系

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 02 - 0129 - 02

叶绿素是藻类重要的组成成分之一, 也是评价富营养化水环境质量的重要指标。常规监测中, 水和废水监测分析方法第四版(国标方法)和湖泊生态调查观测与分析方法中(湖泊生态调查方法), 两种监测方法在前处理、低温干燥时间、比色等方面有所不同。国标方法采用低温干燥时间 6~8h, 进行 4 个波长直接比色, 比色过程简单。而湖泊生态调查方法, 采用低温干燥时间为 10~12h, 虽然只有 2 个波长, 但比色过程中要进行酸化前、酸化后处理, 操作相对麻烦。为获取富营养化水体中叶绿素 a 监测结果的准确性、可靠性, 我们在时间上进行了长达 8 个月, 上百组数据两种方法的比较实验。现随机抽取 20 组数据进行相关关系的研究讨论。

## 1 监测方法

(1) 《水和废水监测方法》第四版。简称: 国标方法。

(2) 湖泊生态调查观测与分析方法。简称: 湖泊生态调查方法。

## 2 数据来源

2009 年 1~8 月滇外海水水质随机取样 20 组, 用国标方法和湖泊生态调查方法对比实验监测结果。

## 3 两者数据之间的检验方法

依据中国环境监测总站编写组编写的《环境水质监测质量保证手册》中数据处理和常用统计方法进行检验。

## 4 两种方法监测数据的直观对比

图 1 和表 1 是 20 组两种不同监测方法的结果, 可直观看出湖泊生态调查方法的监测结果除了编号 10 高出国标法 0.017 倍外, 其他监测结果均低于国标方法, 监测结果之间的差值最小的是编号 8, 绝对偏差为 0.39  $\text{mg}/\text{m}^3$ 、相对偏差为 0.23%。差值最大的是编号 19, 绝对偏差为 10.27  $\text{mg}/\text{m}^3$ 、相对偏差为 3.67%。目前在生物监测质量控制手册中, 对叶绿素 a 的监测结果质控要求, 没有明确的评价标准。我们可以通过数理统计学手段, 对两种监测数据之间的关系, 做进一步的对比验证。

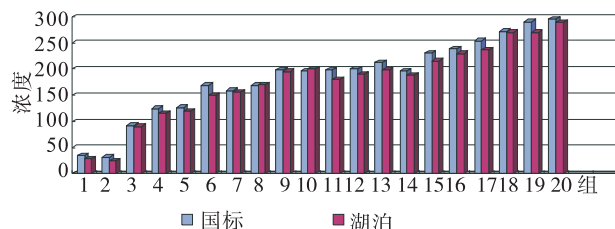


表 1 2009 年 1~8 月国标方法与湖泊生态调查方法监测结果

( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
国标	35.47	31.64	92.14	124.91	126.75	168.95	159.23	169.25	199.0	196.55
湖泊	28.47	25.28	90.32	115.36	119.65	149.98	155.96	170.03	195.62	200.03
编号	11#	12#	13#	14#	15#	16#	17#	18#	19#	20#
国标	199.06	200.45	212.50	196.53	230.23	239.42	253.88	272.33	290.31	295.96
湖泊	180.13	190.37	198.62	188.69	215.73	229.92	236.59	270.09	269.78	288.89

### 5 相关关系显著性检验

主要采用2009年1~8月滇池外海叶绿素a项目, 20组国标方法和湖泊生态调查方法的对比实验监测数据, 随机抽样, 使 $n \geq 20$ , 进行了相关关系检验。

(1) 相关关系的确定方法: 对样本 $X-Y$ 进行线性回归, 检验 $X-Y$ 相关关系是否线性化, 求得回归方程。

回归方程:  $Y = a + bx$

式中:  $a = y - bx$ ,  $b = L_{xy}/L_{xx}$ 。

相关系数:  $r = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xy}L_{yy}}}$

式中:  $L_{xy} = \sum xy - (\sum X)(\sum y)/n$

$L_{xx} = \sum X^2 - (\sum X)^2/n$

$L_{yy} = (\sum y)^2 - (\sum y)^2/n$

$r$ 值的大小通过与由样本 $n$ 所测量次数及确定显著水平 $\alpha$ 查表所得值进行比较, 当 $|r| \geq r_{\alpha}$ 时, 检验回归直线方程两个变量间的关系才有意义。

回归方程的显著性检验: 计算 $T$ 值,

$$T = |b| \sqrt{\frac{(n-2)L_{xx}}{L_{yy} - b^2L_{xx}}}$$

比较 $T$ 值与 $t_{(\alpha/2, n-2)}$ 的大小, 当 $T > t_{(\alpha/2, n-2)}$ 时, 认为回归的效果是显著的, 回归方程合理。否则认为回归效果不显著。

(2) 回归方程的确定: 对20组国标方法和湖泊生态调查方法的监测数据进行一元线性回归, 建立回归方程如下:

$$Y = 33.88 + 0.9339x$$

式中:  $Y$ : 湖泊生态调查方法,  $X$ : 国标方法。

相关系数 $r$ 为0.9736。自由度 $n-2=18$ 和 $\alpha$ 为0.01时查检验表得相关系数的取码值 $r$ 为0.5614。由此可见 $|r|=0.9736 > 0.5614$ , 认为叶绿素a监测数据在国标方法和湖泊生态调查方法之间线性关系是有意义的。

显著性检验:  $T=7.61$

取显著性水平 $\alpha=0.05$ , 查 $t_{(0.05/2, 18)}$ 结果为

2.504,  $T$ 为7.61 > 2.504, 因此国标方法和湖泊生态调查方法两方法之间的回归效果显著。

### 6 回归方程的精密度

已知自变量 $X$ , 通过回归方程可估计因变量的平均值, 但不能准确地知道 $Y$ 的值, 测量值 $Y$ 与估计值的差别反映了回归直线的精密度。在一元线性回归中, 可以用剩余标准差 $S$ 来描述回归直线的精密度。

$$S = \sqrt{(1-r)^2 L_{yy} / (n-2)}$$

对于每个 $X$ 值,  $Y$ 都有95.4%的概率落在 $\bar{Y} \pm 2s$ 之间。

即:  $Y' = bx + a + 2s$

$Y'' = bx + a - 2s$

国标方法和湖泊生态调查方法之间回归方程的精密度: 根据上述公式计算, 剩余标准差 $S=0.95$ , 即回归方程的精密度为 $Y=33.88+0.9339x \pm 2 \times 0.95$ 。

### 7 结论

(1) 两种不同的监测方法分析实验结果, 通过函数一元线性回归、 $T$ 检验、精密度分析后, 国标方法和湖泊生态调查方法的监测数据之间线性关系显著, 其线性相关关系 $r$ 为: 0.9736, 远大于取码值0.5614。显著性 $T$ 检验:  $T$ 为7.61 > 2.504, 回归方程的精密度 $Y$ 值均落在95.4%以内。

(2) 两种监测方法均能测定出可靠的理想值, 建议在富营养化水体监测中, 应选择操作简便的国标方法进行测定, 既节省了化学试剂又提高了工作效率, 而且数据准确可靠。

#### 参考文献:

- [1] 中国环境监测总站. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1984.
- [2] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.

## Analysis, Comparison and Correlation of Different Experimental Methods in Chlorophyll - a Test

YIN Li-ping<sup>1</sup>, SUN Yang<sup>2</sup>

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

**Abstract:** From January to August of 2009, 20 sets of samples were taken from the outer Dianchi Lake to monitor Chlorophyll a. Two different methods were applied for the monitoring and analysis. Based on their monitoring results, the correlation of the two methods are testified by the significance test of the correlation value ( $r$ ) through simple linear regression with the function of  $Y = a + bx$ .

**Key words:** chlorophyll - a; monitoring data; result comparison; correlation

# 嘉定区水污染源在线监控系统现状

陈浩杰

(嘉定区环境监测站, 上海 嘉定 201822)

**摘要:** 围绕嘉定区的水污染源在线监控系统的现状, 介绍了在线工作的基本工作模式。结合嘉定区的实际情况, 浅谈对在线工作的体会, 同时针对下阶段在线工作提出了几点建议。

**关键词:** 污染源; 在线监控; 现状; 体会; 建议; 嘉定区

**中图分类号:** X83   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0131-03

经济发展到一定阶段, 人们物质生活提高后, 必然对生活质量有新的要求, 环境质量也被社会日益重视。作为环境管理的基础—环境监测手段也在不断进步。传统的环境监管方式难以对排污企业实施有效监控, 以每个季度或半年一次的抽样监测结果确定企业的环境管理水平、成效及排污收费高低, 难以让人信服。为提高环境管理水平, 有效控制生产企业的污染排放, 建设污染源在线监控系统很有必要。

在线监测是政府监督性监测的延伸, 实施在线监测能及时掌握企业排污状况, 使环境监督管理更具有针对性, 有利于做到及时、科学、客观、公正执法, 有利于提高环保部门监督管理水平。

## 1 嘉定区水污染源在线监控系统建设概况

嘉定区水污染源在线监测项目是区政府实事工程, 分批进行建设。2006年建设了12个站, 2007年建设了40个站, 2009年建设了15个站。每个在线监测站监测因子主要为: 排放流量; 废水酸碱度 (pH); 废水总有机碳 (TOC) 含量 (可折算为化学耗氧量 (COD)); 部分电镀废水和线路板加工业废水中的重金属, 根据废水中含主要污染物的不同分别监测 Cu、Zn、Ni、氟化物, 并配备自动采样器。区环保局一直高度重视污染源在线监控系统建设、运营及管理工作, 把污染源在线监控系统建设工作作为全局的首要工作进行规划部署, 力争通过在线监控系统的建设带动环境监管能力的现代化, 推动污染源管理内外部质量的提高。几年来, 为切实推进污染源在线监控系统建设工作, 嘉定区环保局一直坚持两个方面的工作: 一是重点加强污染源终端点位的建设; 二是重点加强监控系统的运营及管理。区环保局监控中心对全区 67 个站点污

染源开展数据监控, 并委托第三方对在线监控设备进行日常维护。

## 2 污染源在线监测工作模式

嘉定区污染源在线监控工作模式主要为: 污染源在线监控整体工作由区环保局污控科牵头, 区环境监测站负责监控系统及平台的建设与管理, 由第三方运营公司对在线设备进行日常维护, 并由监测站对其进行每月一次的监督检查, 区环境监察支队负责污染源在线监控设备建设、运行、维护、管理全过程的监督监察。具体来说, 污控科负责协调和建设, 提出安装计划和时限要求, 监测站负责与在线监控有关的所有技术支持及在线监控平台的建设维护, 负责在线监控设备的日常质控比对, 提供经过有效性审核的数据给支队进行排污收费或行政处罚, 监督第三方对在线设备的维护, 并作好每月检查的记录台账, 同时, 编制在线监测月报, 支队通过对不按要求建设、不正常运行在线监控设备企业的处罚, 以及对在线数据的应用, 确保在线监控设施稳定正常运行。

实践证明, 这样的模式在职责上的分工有其自身优势, 保证了在线监控体系顺畅、高效。在线数据与手工数据都属于污染源监测数据, 嘉定区沿用环保系统原有内部分工方式, 一是由区环保局下达任务, 监测站产生数据, 支队应用数据, 保证了体系运行效能; 二是充分发挥部门优势。污染源在线监控在建设阶段需要有力的行政协调、严格的技术保障和充足的资金配套, 合适的牵头部门应为环保局污控科, 另外在线监测是一门综合性、专业强的技术性工作, 在线监控设备的分析原理、数据传输技术、仪器质量控制、数据审核规则、异常数据判断等都是监测部门的强项, 而与监察部门常规工作大相径庭。三是互相监督, 保证公正。污控科负责

计划、建设、统筹、协调,监测站负责监控在线信息平台、赴现场监督采样、提供有效数据、监督第三方运营,支队负责监管和应用数据,三方分工合作又相互制约,更有利于保证在线监控工作的开展及数据准确、有效并被公正地使用。

嘉定区采用的在线监控工作模式和管理模式,保证了在线监控体系的高效运行,在线监控系统的运行又有效地提高了污染源企业对环保的重视程度,提高了环境管理水平,也有效地控制了生产企业的污染排放。

### 3 在线工作的几点体会

(1) 紧紧围绕“在线监测用于环境监管”这一中心目标,进行系统筹划、部署和开展污染源在线监控系统建设、管理和应用工作,保证系统建了以后环境监管能用得上,并且好用、用的好。

(2) 坚持“两个原则”。一是坚持“软件建设重于硬件建设”的原则。首先是根据国家环保部的法规政策,上海市环保局组织编制了《上海市水污染源在线监测设备和安装技术规范(试行)》、《上海市水污染源在线监测数据有效性判别技术规范(试行)》、《上海市水污染源在线监测系统验收技术规范(试行)》、《上海市水污染源在线监测系统通信技术规范(试行)》、《上海市水污染源在线监测系统运行与考核技术规范(试行)》等五项技术规范,明确了在线监测安装范围、建设办法和在线数据的有效性判别依据,明确了在线监控系统验收和通信的技术依据,明确了建设运行的质量要求。在建设过程中,重视监控中心、运营公司管理制度,系统质量保证和综合应用机制的建设,形成硬件和软件相互促进的局面。二是坚持“运营管理重于系统建设”的原则。在系统开始筹建时,就开始招标组建专业化的运营公司,让运营公司人员全面参与系统安装建设工作,积累经验,保证系统能稳定运行。

(3) 处理好局污控科、监察、监测三部门在系统建设中的分工协作关系。各部门各司其职,并互相制约、互相监督,保证在线监测数据有效、公开、公正。跟第三方运营公司随时保持沟通,一旦发现运营维护中存在不足或在线设备存在异常,立即与运营公司技术人员联系,及时解决问题,保证在线设备正常运行。

(4) 做好在线监测数据采集、传输、分析处理和发布应用四个关键环节技术建设工作。数据采集的核心环节是现场监测仪器的安装和现场辅助设

施的建设。为保证质量,嘉定区采取了现场设备设施统一采购、统一安装、统一验收的办法,并且在现场监测仪器设备选型上着重把握了以下四个方面:一是选用通过国家环保总局认证的设备;二是具有在国内较长时间稳定运行的业绩;三是故障率低,维护方便,备品备件有保证;四是价格合理。数据分析处理,我们从环境监测和环境管理的需求出发,结合在线监测仪器设备功能,开发了系统监控软件,该软件实时接受在线监测数据,能对现场仪器进行远程诊断与控制,对污染源排放浓度、排放量进行查询与统计,并自动生成各种报表。为最大限度地发挥在线监测系统的作用,监控中心建立了信息发布平台,通过网络实时向分管区长、环保局各管理科室和在线安装企业发布监测数据,监测部门设有在线监控室加强对重点排污单位的监管。目前,嘉定区水污染源在线监测数据暂未作为正式执法依据,监察部门仍以实验室数据为准进行总量核算、排污收费和环境统计。

(5) 做好五个保障措施。一是领导重视,精心组织。嘉定区环保局成立了以局长为组长的在线监测系统建设领导小组,统一组织全区污染源在线监测系统建设运行工作,定期召开调度会,协调、解决建设过程中遇到的问题。二是落实资金保障。在线监测设备是污染治理设施的一部分,建设和运行费用应由排污单位承担。但在建设初期,为调动排污单位安装在线监测设备的积极性,在建设和维护经费的筹措方面,所有费用由区财政全额拨款,排污单位不承担任何在线设备和维护的费用。三是做好监控中心和运营公司技术队伍建设工作。例如在嘉定区通过招标上岗的第三方运营公司已在全区建立了运营分站点,配备了多名技术人员,专业涉及环境工程、计算机、分析化学、精密仪器仪表等。通过培训,这些技术人员对在线监测设备了如指掌,均可以独立进行在线设备安装维护工作。四是严格做好系统质量控制工作。运营公司建立了手工实验分析室,定期对现场仪器进行巡检、校准、比对和维护;监测站编制了污染源在线监测日常管理作业指导书和在线监测运行监督记录表,对运营公司的日常质量控制工作进行定期抽查,并每年做二次手工对比检验。五是慎用钱,用制度保证廉政建设。将设备采购中的所有优惠条件全部签入采购协议中,使优惠条件透明化。

### 4 在线监测工作展望

现阶段,各在线设备均处于稳定运行状态,但

从总体局面来看还存在一定的局限性。首先,在区内范围内实施在线监控的覆盖面太小,现有为数不多的在线被监控企业的排污情况难以体现出全区重点源的整体排污状况。其次,目前在全区范围内的在线监测主要以废水监测为主,对废气的监测投入较小,这也体现了嘉定区在线监测的另一个有待于完善的方面。第三,目前已实施在线监控的各企业的在线监测能力比较单一,每个在线监控企业最多只监测二个指标,因此,虽然政府已将大量资金投入在线监测领域,建立了在线监控系统,但该系统仍未体现出其最大的利用价值。所以,在下阶段,财政资金允许的前提下,若能增加各在线监控单位的监测指标,那么,该系统将更加完善,监测数据将更加齐全,这也必然是在线监测的发展趋势和最终目标。

## 5 结束语

嘉定区水污染源在线监测系统动态掌握了重点污染源的排污及超标情况,对防止重大污染源事故的发生,增强环保部门对突发事件的应急能力、提高环境监测信息化水平及环境决策与管理能力等都具有重要意义。同时在线监控还为企业排污申报和变更申报提供了及时、准确的信息,在企业内部,在线监控也成为其加强内部管理、节约原材料、实施清洁生产、提高治污设施运转效率的动力。

实施在线监测是一项复杂的系统工程,嘉定区在线监测工作虽然取得了一定成绩,但仍处在探索提高阶段。今后,我们将一如既往地按照市环保局以及区委、区政府的统一工作部署,进一步做好在线监控工作,推进数字环保工程,为“嘉定的明天,天更蓝水更清”作出应有的贡献。

## Current On-Line Water Pollution Source Monitoring System in Jiading District

CHEN Hao-jie

(Jiading District Environmental Monitoring Station, Shanghai 201822 China)

**Abstract:** Based on the on-line water pollution source monitoring system in Jiading District, the fundamental on-line working mode is introduced in this paper. According to the actual situation of Jiading District, the author gives his reflection about the on-line work, and puts forwards some suggestions for the future work.

**Key words:** pollution source; on-line monitoring; current situation; reflection; suggestion; Jiading District

# 水环境监测中现代化萃取技术的应用

卢守舟

(山东省环境监测中心站, 山东 济南 250101)

**摘要:** 对水环境监测中 ASE 现代萃取技术的应用展开深入研究, 分析了 ASE 萃取技术的原理、特点、工作流程、应用范围等, 认为 ASE 快速溶剂萃取技术与传统索氏萃取、超声萃取、微波萃取相比, 具备所用溶剂少、监测时间短、萃取效率高等优势。

**关键词:** 水环境监测; 现代萃取技术; ASE; 应用

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0134-03

## 1 前言

改革开放以来, 尤其是 20 世纪 90 年代以来, 我国贯彻落实了对内改革对外开放的基本方针, 工业化进程进一步加快, 同时也加剧了工业废水、废物排放, 水环境中有机物的污染。根据有机物具有生物积累性和致突变, 致畸及致癌的“三致”作用, 2000 年在斯德哥尔摩会议明确规定禁止或限制使用的“12 种有机物”, 并呼吁各国加强环境调查。

水环境中水体污染物的重要存在形式是沉积物, 其迁移转化在水和底泥之间。科学、合理、全面检测沉积物中的污染物, 对于水环境保护, 治理水体污染有着重要的作用和意义。通过分析有机污染物的特点, 科学家及环境检测人员提出了两种水体检测方法: ①样品前处理; ②设备仪器检测, 通过仪器对提取物进行分离、定性、定量<sup>[1]</sup>。

## 2 有机物前处理现状及 ASE 萃取技术原理、特点、工作流程

### 2.1 水环境检测中有机物前处理现状

根据水环境中有机物的挥发性、稳定性、溶解性, 水体沉淀物样品有机物前处理通常采用液固萃取的方法。传统的液固萃取方法根据其原理和特点可以分为四类: 索氏提取; 自动索氏提取; 超声萃取; 微波萃取。本文重点研究的有机物为持久性有机污染物 (Persistent Organic Pollutants, 简称 POPs), POPs 的主要特点为: 持久性; 生物积蓄性; 半挥发性和长距离迁移性; 高毒性以及亲脂憎水性。随着工业的不断发展, 传统的液固萃取方法已经难以满足水环境中 POPs 持久性有机污染物检测采样点繁杂, 样品数量多, 萃取高效、高质量的

要求。

为进一步提高水环境检测质量, 科学家研究出快速溶剂萃取技术 (Accelerated Solvent Extraction, ASE), 这种技术是根据溶质在不同溶剂中的溶解度不同的原理, 利用快速溶剂萃取仪, 在较高温度和压力条件下, 选择合适的溶剂, 实现高效、快速萃取固体或半固体样品中有机物的方法<sup>[2]</sup>。它是目前水环境检测有机物前处理应用最为广泛、最普遍的萃取技术, 此法已经被美国 EPA 选定为推荐的标准方法。ASE 萃取可以完全取代人们熟知的传统萃取方法: 索氏提取、超声萃取和微波辅助萃取等<sup>[3]</sup>。

### 2.2 ASE 快速溶剂萃取技术应用原理、特点、工作流程

#### 2.2.1 ASE 快速溶剂萃取技术应用原理

ASE 快速溶剂萃取技术基本原理: 快速溶剂萃取仪提供的是高温高压环境, 根据化学原理, 在一定程度上温度升高、压强增大, 溶质向正反应方向进行, 有效提高解吸和溶解动力速度, 提高溶剂沸点, 加快被分析物从基质中解析并快速进入溶剂, 进而推进萃取速率。

ASE 萃取技术升高温度技术原理。快速溶剂萃取仪一般具有 12 个萃取位, 2 个清洗位, 34, 66, 100ml 三种不同体积萃取池。根据有机物溶解的难易程度, 可以选择萃取仪的使用温度, 该仪器允许温度为 50~200℃。通常水环境污染平均为 100℃, 常规污染物萃取温度为 5℃~125℃。随着温度不断升高, 提高了溶质在基体中的基体效应, 反应速度加快, 降低溶剂粘度提高溶解速率。通常而言, 高温加热时间不少于 10min。

ASE 提高压强技术原理。ASE 快速溶剂萃取



技术本质是液固萃取。提高压强可以有效提高萃取过程中溶剂沸点。通常情况液态溶剂比气态溶剂更容易与溶质反应,高压促使溶剂在高温态下仍保持液态。使溶剂快速分散在整个溶剂萃取仪中,提高溶剂萃取速率。该仪器的常规压力应保持在1500psi。

ASE多次循环技术原理。通常情况下水环境有机物萃取原则为多次少量萃取。增加静态萃取次数进而发生质变,两至三次循环操作,达到动态萃取的效果,提高萃取效果。

### 2.2.2 ASE快速溶剂萃取技术特点、工作流程

ASE加速溶剂萃取工作主要经过七步:有机污染物装样进萃取池—萃取池加入溶剂—对萃取池加热加压—有机污染物样品达到高温、高压状态—外部向萃取池加入溶剂—多次循环萃取—有机污染物萃取分析。

第一步注意事项:有机物污染物样本的准备,要注意样本在萃取之前必须为干燥状态,可以对其进行风干处理。沉淀物的颗粒越小越容易溶解,提前要进行研磨,研磨后颗粒径 $<0.5\text{ mm}$ 。

第二步和第五步注意事项:对于萃取剂的选择,要根据有机污染物样本自身特性。不同溶剂的化学性质不同,溶解效果、速率是不同的,通常情况下选择溶剂为盐酸、硝酸等强酸,水、缓冲溶剂等,秉持的化学原则为有机物相似相容原理,相同属性、相同结构的有机物、有机溶剂则容易萃取。

## 3 ASE萃取技术与传统工艺比较及应用范围

### 3.1 水环境ASE快速萃取技术与传统工艺比较

(1)与传统索氏提取、自动索氏提取、超声提取、微波萃取、分液漏斗相比,样品大小在10~30g的样本容量中,ASE萃取技术所需溶剂为15~45ml,索氏提取需要500ml、超声提取需要400~500ml,溶剂节约达350~400ml,ASE技术大大节约萃取成本。ASE溶剂与样品比例也是最小的,仅有1.5。因此,快速溶剂萃取可以完全取代索氏提取,并有非常明显的优势<sup>[6]</sup>。

(2)等量相同溶质下的萃取时间,索氏提取高达4~48h,微波提取要30~60min,而ASE萃取技术仅需要10~20min。ASE萃取时间最短,大大提高萃取效率。

(3)ASE快速萃取与现代超临界萃取技术比较。超临界萃取通常选用气体萃取,ASE快速溶剂萃取技术为液体萃取。化学工艺中,液体萃取往往比气体萃取效率更高,工艺更简。超临界萃取对

于溶剂的选取十分苛刻,如二氧化碳需加极性改进剂等,而ASE萃取溶剂可使用极性溶剂,选择面多。ASE萃取技术的仪器选择配置也比超临界的简单,总体工艺属于高、精、尖技术范畴。

### 3.2 水环境检测ASE快速溶剂萃取技术应用范围

《资源保护回收法》显示,ASE萃取技术通常运用在水环境底泥和土壤的固体物质中酸性、碱性和中性物质的萃取。尤其是对水环境中有机氯和有机磷农药、氯代除草剂、多氯联苯类物质、二噁英、多氯二苯呋喃、柴油和废油<sup>[7]</sup>,以及多芳香烃、半挥发性物质、有机物金属化合物等物质非常有效。其中较为重要的一点是,ASE快速溶剂萃取技术与其他传统超声萃取、索氏萃取可兼容使用,应用过程中全封闭,能保证检测人员安全,减少环境污染。

### 3.3 水环境检测ASE快速溶剂萃取技术改进方向

(1)ASE快速溶剂萃取技术处理水环境中的“固相物质”有较高的效率,但对于其他水环境存在的有机物却存在一定局限性,在今后的改进中,应加强有机物监测力度,提高ASE萃取技术监测的“全面性”。

(2)对于水中易挥发性的物质,需改变传统的顶空气相色谱法,发展吹扫捕集气相色谱法。ASE快速溶剂萃取技术的应用,可以进一步提高水环境中存有的半挥发和难挥发、难降解有机物的检测。通常水环境检测工作的开展,不单单使用ASE溶剂萃取技术,仍要利用相应的固相萃取、吹扫捕集辅助技术,三者结合色谱技术共同对水环境内有机污染物进行检测,全面提高环境检测能力。

## 4 结语

ASE快速溶剂萃取技术是现代萃取技术的重要组成部分,与传统索氏萃取、超声萃取、微波萃取相比,ASE具备所用溶剂少、监测时间短、萃取效率高等优势。

### 参考文献:

- [1] 张景明,刘建琳,周雯,等.水样中痕量有机物分析的前处理方法[J].中国环境监测,2001,17(3):31-33.
- [2] 刘晓茹.水环境监测中的ASE技术的应用[J].中国水利,2003,(14):49-50.
- [3] 雷书凤,王海燕,张召跃,等.河流样品有机物监测前处理方法研究进展[J].安徽农业科学,2011,39(13):8063-8066.
- [4] 赵保成,王艳玲,孙明山,等.加速溶剂萃取技术在检测分析中的应用[J].农业与技术,2009,29(6):85-87.

- [5] Test Methods for Evaluating Solid Waste, Method 3545. USEPA SW-846. 3rd ed., Update, U. S. GPO Washington DC, July, 1995.
- [6] 王丽媛, 周灵辉. 快速溶剂萃取技术在环境监测中的应用 [J]. 黑龙江环境通报, 2011, 35 (4): 59-61.
- [7] 方强, 王楚强. 快速溶剂萃取技术在水环境监测中的应用 [J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2010, 20 (2): 137-139.

## Application of Modern Extraction Technique in Water Environmental Monitoring

LU Shou-zhou

(Shandong Provincial Environmental Monitoring Center, Jinan Shandong 250101)

**Abstract:** A further study is conducted on the application of the ASE, the modern extraction technique, in the water environmental monitoring. The theory, characteristics, working process and range of application of the technology are analyzed. The accelerated solvent extraction (ASE) technique needs less solvent and monitoring time with high extraction efficiency, compared with the other conventional techniques such as soxhlet extraction, ultrasonic extraction and microwave extraction.

**Key words:** water environmental monitoring; modern extraction technique; ASE; application

# 西部地级市环境监测站转型期视野中的 环境统计组织体系建设探讨

丁宏翔

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘要:** 通过总结西部某地级市“十一五”环境统计组织体系建设中存在的问题, 从地级市环境监测站历史性转型期视野出发, 提出地级市的环境统计组织建设应该依托于环境监测站的建设与发展, 全力推进环境统计工作和环境监测的协同发展。

**关键词:** 环境统计; 环境监测; 转型期; 组织建设

**中图分类号:** X83    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0137-02

“十五”末期, 西部某地级市根据国家和省的要求, 明确了地市级环境统计综合年报的技术支持单位为同级监测站, 从此环境统计工作与环境监测亲密结缘、相伴而行。历经“十一五”的主要污染物总量减排的压力式推进, 环境统计工作在“十二五”环境管理和科学决策的更高要求下, 面临着新的挑战。同一时间节点上, 环境监测部门也面临监测行政管理与技术支撑的分离, 完成“技术的龙头”的历史性转型要求<sup>[1]</sup>。作为技术工作依托于环境监测站来完成的环境统计, 需要进一步理清环境统计与环境监测之间的关系, 明确工作思路, 以促使两个事业的良性协同发展。

## 1 地市级“十一五”环境统计组织建设中的问题

### 1.1 地市级环境统计组织体系未能有效建立

“十一五”期间, 地市级环境统计综合年报工作均明确由地市级监测站负责, 部门与人员较为稳定, 但是在区县一级, 统计部门与人员还是未能固定, 负责单位分别有监测、监察、局机关等。部门差异大, 人员的变动频繁, 如“十一五”五年间, 某市 14 个县区只有 2 个县区做到了部门与人员保持稳定。环境统计组织体系的缺失, 造成了环境统计队伍的技术水平长期在较低质量徘徊。

### 1.2 环境统计人员未能全程参与到污染源普查工作中, 失去了技术水平得以提高的宝贵机会

2008 年, 全国范围内开展了第一次污染源普

查, 这是“十一五”期间一次重大的国情调查, 也是环保领域一项重要的基础性工作。然而在普查中, 环境统计人员普遍未被纳入普查技术组, 某市 14 个县区只有 5 个县区的统计人员全程参与普查工作, 其余人员均是在数据验收尾声参与了对数据的部分会审工作。作为全国性的第一次普查工作, 参与其中能够对比环境统计与普查的区别, 更能进一步发现环境统计的不足, 也能通过普查提高数据调查水平, 遗憾的是, 因为未把环境统计与污染源普查视为有机的统一体, 采取了不同的工作部署, 使环境统计人员失去了技术水平得以提高的宝贵机会。

环境统计存在的问题, 都是与环境统计组织体系未能稳定建设有关。国家 2010 年污染源普查动态更新再次被明确为以环境监测站为主进行, 明确表明环境统计的组织建设必须依托于环境监测站进行。

## 2 环境统计依存于环境监测, 环境监测站的转型需要吸纳环境统计

### 2.1 环境监测是环境统计的基石

环境监测是环境管理工作的基石, 环境统计也不例外。无论是环境统计, 还是污染源普查及其动态更新调查, 实际监测法都是核算污染物产排量的主要手段, 而且核算方法之一的污染系数法中关键的排污系数的确定也离不开实际监测, 在线监测数据也需要监测部门进行比对监测才能得以通过有效性审核被使用于核算。在 2010 年的污染源普查动态更新调查技术规定中, 也明确了污染物排放量的

收稿日期: 2012-11-02

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(水专项)——“滇池流域水环境综合管理支撑技术研究与平台建设”课题(2010ZX07102-006)。

核算要优先使用符合规定的在线监测数据和监督性监测数据<sup>[2]</sup>。

## 2.2 地市级环境统计组织体系的建立与稳定必须依赖于同级环境监测站

现在我国环境统计综合年报工作在国家、省、地、市三级均由环境监测站负责，组织体系的条状管理形态业已成型，今后应该向下延伸到县级，以求形成完整的工作链条。环境监测站在地市级环保局所属机构中，具有人员数量较多、同污染源最为“亲近”等先天条件，因而最有优势来承担环境统计工作。而且环境监测站承担的重点污染源监督性监测，能使隶属于监测站的统计人员直接获取工业污染源、污水处理厂等环境统计重点调查污染源核算所需的基础数据。

## 2.3 地市级环境监测站的转型有必要吸纳环境统计工作为日常工作之一

虽然环境保护事业迎来了最好的发展机遇期，但是在现行的环境保护管理体制和环境监测管理模式下，环境监测形势却不容乐观<sup>[1]</sup>。环境监测人员自嘲为“环保农民”，幽默地把环境监测称为“环保事业的第一产业”，形象地隐喻环境监测工作的繁重、环境监测人员的艰辛以及环境监测事业发展的困境。

按照常州市环境监测中心站对地市级环境监测站历史性转型期管理体制和职能定位的研究，各地市级监测站在历史转型中，要考虑到不同地区社会经济发展和环保现状趋势的实际情况，本着“因地制宜、整体设计、分层定位、逐步推进”的原则，以履职型、拓展型、创新型作为转型不同阶段的定位目标，循序发展，稳步提升监测的技术支撑、技术监管和技术服务能力<sup>[1]</sup>。但是无论以何种类型定位，环境监测都要以“三个说清”为目标，要说清污染源状况、说清环境质量现状及其变化趋势、说清潜在的环境风险，这些都须通过环境统计全面获得区域内污染排放状况，因为仅凭重点污染源的监督性监测数据是无法全面反映区域内污染物排放情况的，只有通过统计技术与手段才能实现该目的。

把环境统计工作纳入地市级环境监测站日常工作，也就是把主要污染物总量减排统计体系建设与

监测体系建设两大能力建设统一到环境监测部门负责实施，这样能凭借国家对环境统计建设的投入与支持，拓展与创新环境监测站的工作领域，破除西部地市级环境监测站囿于就监测而监测的发展困境。

## 3 推进环境统计工作和环境监测协同发展的举措

### 3.1 通过行政规章把环境统计工作赋予环境监测站进行

通过修订《全国环境监测条例》或者《环境统计管理办法》，把环境统计组织建设纳入环境监测站管理，进而把环境统计工作固化、内化为环境监测站的日常工作中。

### 3.2 环境监测站要把环境统计作为重要工作进行

环境监测站的管理者要充分了解环境统计工作的重要性，理解监测与统计两者之间密切依存的关系，组织与投入更多的人力、更大的物力参与环境统计工作，指导与加强环境统计科研，推进环境统计与环境监测的协同发展，努力实现“三个说清”。

### 3.3 实现市县两级环境监测站垂直管理，促进环境统计和环境监测的发展

环境管理以行政区域为单位的体制模式，造成区域流域环境管理联动难以有效实施，同时，也在环保系统内形成部门间的隔离性和上下级间的断裂性<sup>[1]</sup>。环境监测和环境统计均需要打破这种格局，尤其是在环境统计中，县区技术力量较为薄弱，实现环境监测站垂直管理，能够形成合力解决技术难题，并能排除地方利益对环境统计数据和环境质量数据客观性的干扰。

## 4 结语

环境统计组织体系密切依托于环境监测站建设，把环境统计工作职责通过行政规章固化、内化为环境监测站的日常工作，是环境统计与环境监测两者间密切依存关系的客观需要，更是西部地市级环境监测站发展、转型的现实之选。只有抓紧时机把握环境监测站历史性转型的契机，才能最大程度地推进环境统计和环境监测两项事业的协同发展。

#### 参考文献：

- [1] 王延军. 地市级环境监测站历史转型期管理体制与职能定位探讨 [J]. 环境监测与管理, 2010, 22 (6).

(下转第 141 页)

# 咸潮预警值设定的研究

管擎宇

(嘉定区环境监测站, 上海 201822)

**摘要:**为研究咸潮预警, 上海某饮用水源地安装了蓝色卫士水质综合预警系统。采用实验室配制人工海水模拟咸潮, 通过动态实验研究蓝色卫士的咸潮预警值。试验证明, 咸潮预警值设定范围为 1.6 ~ 1.8 较好。经过连续 1a 自动监测, 蓝色卫士共准确预警预报两次咸潮, 成功保障了该水源地的饮水安全。

**关键词:**蓝色卫士; 咸潮; 预警值; 设定; 研究

**中图分类号:** X832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 02-0139-03

长江三角洲是全国经济发展速度最快的区域之一, 由于其显著的地理优势使工业、农业、商业、贸易发达而且人口众多、密集。因此保证该地区饮用水源的水质安全问题非常重要。近年来, 长江口地区频繁发生咸潮事件, 严重影响了该地区的饮用水的水质安全。

目前对咸潮的形成原因、危害以及对策研究较多<sup>[1~2]</sup>, 但是对咸潮的预警研究较少。沈萍萍<sup>[3~5]</sup>针对珠三角特殊的地形, 采用可变河口盐度模拟迭代预警算法进行仿真, 从而对该地区的咸潮预警。但由于该预警算法仅针对珠三角这一特殊情形, 因此不具有广泛应用性。为了更加科学合理制定咸潮的应对措施, 迫切需要及时准确地对咸潮预警预报。

蓝色卫士多维矢量指纹识别水质综合预警系统(以下简称蓝色卫士)是用于饮用水、地表水的一套多功能水质软监测智能专家系统。该系统分别在 2008 年北京奥运会、2010 年广州亚运会、2011 年深圳大运会上正式使用, 为重大项目的水质安全提供保障。该系统在常规水质在线监测的基础上, 改变了传统水质监测只监测单一指标, 各个指标之间没有关联, 指标反映的水质变化不明确, 无法应对可能出现的各类水质突变的情况, 利用有限的监测设备监测各类理化指标, 通过软件模型将数据智能整合并分析, 从而实现咸潮的预警预报。因此, 设定合适的咸潮预警值对咸潮准确及时预报非常关键。

## 1 研究方法

### 1.1 地址选择

试验地址选择在上海某辖区饮用水源自动监测站。该饮用水源地目地处长江入海口, 每年十月

至次年三月会发生海水倒灌, 容易形成咸潮。为了确保该饮用水源地水质安全, 该水质自动站安装了蓝色卫士水质综合预警系统。

### 1.2 试验材料和仪器

模拟咸潮采用氯化钠和超纯水按照一定的浓度配制。试验仪器采用蓝色卫士水质综合预警系统, 其主要组成、型号及原理见表 1。

表 1 蓝色卫士系统组成

参数	电极型号	测量原理
有机物	UVAS	紫外吸光度原理
电导率	3700 SC	电磁感应原理
pH	PHD SC	差分玻璃电极法
浊度	SOLITAX SC	90 度散射光法
硝酸盐氮	NITRATAX	紫外吸光度法
氨氮	NH4D	离子选择电极法
ORP	PHD/ORP SC	差分电极法

### 1.3 试验方法

试验选择在水环境各项背景值较为稳定的情况下进行, 蓝色卫士各项监测指标的变化幅度小于  $\pm 3\%$ 。配制不同氯离子浓度的人工海水, 在保持系统连续进水状态下, 通过计量泵以一定的流速将配制好的模拟海水加入模拟河流的水箱中。观察蓝色卫士系统各指标受模拟咸潮的影响, 研究蓝色卫士对咸潮的响应参数; 记录不同氯离子浓度下蓝色卫士预警值的变化, 从而确定咸潮的最佳预警值范围。

## 2 实验结果

### 2.1 水环境背景值

水环境各项指标背景值见表 2。

收稿日期: 2012-10-30

作者简介: 管擎宇 (1985-), 女, 江苏人, 上海市嘉定区环境监测站, 硕士, 助理工程师, 从事在线监测管理工作。

表2 河水环境背景值

溶解氧 /mg·L <sup>-1</sup>	pH	电导 /μs·cm <sup>-1</sup>	温度 /°C	浊度 NTU	UV (COD) /mg·L <sup>-1</sup>	氨氮 /mg·L <sup>-1</sup>	ORP/mv	硝氮 /mg·L <sup>-1</sup>	氯离子 /mg·L <sup>-1</sup>
5.64	7.23	286.3	31.1	56.3	19.7	0.3	414	2	50

根据表2, 实验河道河水本底氯离子浓度为50mg/L, 该河道体本底的蓝色卫士触点为0.05。

### 2.2 氯离子浓度对蓝色卫士各项指标的影响

根据《生活饮用水水源水质标准》(CJ3020-93), 氯化物含量均应 < 250mg/L。所谓咸潮, 是指氯化物浓度超过国家标准(每升水氯化物含量为250mg)以上<sup>[3]</sup>。采用氯化钠和超纯水配制三种不同浓度的人工海水, 氯离子浓度分别为90、180、250mg/L。在保持系统连续进水状态下, 通过计量泵以0.1L/min的流速分别将其打入模拟河流的水箱中, 直至蓝色卫士各指标稳定后停止。观察各指标起始和最大值的变化幅度, 详见图1。

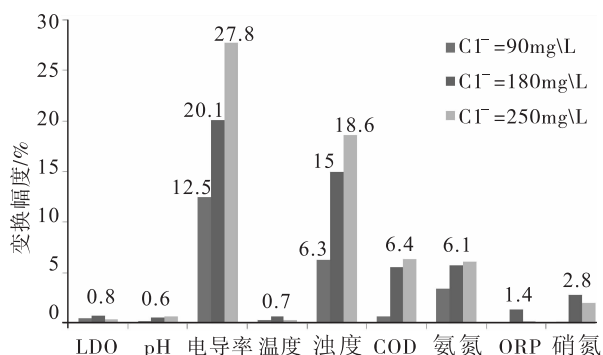


图1 不同氯离子浓度下蓝色卫士各指标的变化幅度

根据图1, 水中氯离子浓度对蓝色卫士的各项指标有不同程度的影响, 其中电导率和浊度影响显著。一方面, 模拟海水主要成分氯化钠为强电解质, 因此随着氯离子浓度的增加, 对电导率的影响也逐渐增加, 当达到咸潮时, 即水中氯离子浓度为250mg/L, 电导率变化幅度为27.8%。另一方面, 加入的模拟海水对水中的浊度有一定的影响, 这主要是由于河水的流速增加导致河水浊度增加。由此可见, 咸潮对蓝色卫士的主要响应参数为电导率和浊度。

### 2.3 氯离子浓度对蓝色卫士触点的影响

在环境本底时, 河水的本底氯离子浓度为50mg/L, 此时蓝色卫士的触点为0.05。随着人工海水的不断增加, 水中氯离子浓度也随之增大, 蓝色卫士预警系统随即建立相应物质的数据库, 蓝色卫士触点也随之变化。

表3 不同氯离子浓度下蓝色卫士的触点

序号	氯离子浓度/mg·L <sup>-1</sup>	蓝色卫士触点 (Trigger)
0# 环境本底	50	0.05
1#	90	0.92
2#	180	1.60
3#	250	2.74

当水中的Cl<sup>-</sup>浓度达到250mg/L时, 不能成为安全饮用水源, 即可认定为咸潮。根据表3, 要达到咸潮预警, 应在水中氯离子浓度达到180mg/L时, 说明已出现部分海水倒灌, 水中氯离子浓度有增大趋势, 因此将蓝色卫士触点值设置为1.6, 即可达到咸潮的预警和预报。蓝色卫士的触点的设置也可根据河水本身的状况做适当的调整, 经试验验证, 触点设置为1.6~1.8均可。

### 3 实例验证

上海市该饮用水源地水质自动站自2011年投入运行, 咸潮的报警值设置为1.7。经过1a正常连续运行, 在2011年3月和11月准确预警和预报两次咸潮。准确和及时对咸潮预警预报为饮用水源的饮水安全提供了保障。

### 4 结论

蓝色卫士水质综合预警系统能对咸潮很好地预警和预报。该饮用水源的蓝色卫士的触点设置范围为1.6~1.8, 蓝色卫士对咸潮的响应参数为电导率和浊度。由于蓝色卫士的触点受水体电导率和浊度的影响, 若应用于其他水域, 应根据不同水域的本底值进行一定的试验适当调整蓝色卫士的触点, 也可以根据各地区不同的需求做相应的调整, 从而达到不同河道功能不同的需求。

#### 参考文献:

- [1] 黄婷. 浅析珠江三角洲咸潮危害与防治对策 [J]. 广东水利水电, 2009, 1: 10 - 12.
- [2] 谭培伦, 汪红英. 三峡工程对改善长江口咸潮入侵情势的分析 [J]. 中国三峡建设, 2004, 11 (5): 29 - 31.
- [3] 沈萍萍, 方立刚. 咸潮入侵预警预报信息系统的设计与仿真 [J]. 计算机仿真, 2011, 28 (7): 391 - 394.
- [4] 沈萍萍, 方立刚, 杜祝平, 等. 珠江三角洲地区咸潮入侵预警预报信息系统的总体设计 [J]. 计算机与现代化, 2008, 10: 116 - 119.
- [5] 陈水森, 方立刚, 李宏丽, 等. 珠江口咸潮入侵与经验模型——以磨刀门水道为例 [J]. 水科学进展, 2007, 9: 751 - 755.

## A Research on Threshold Value for Salt Tide Warning

GUAN Qing-yu

(Environmental monitoring station of Jiading District, Shanghai 201822 China)

**Abstract:** To study the salt tide warning, the blue defender water quality prediction system has been installed in one of source water area in Shanghai. By simulating the saline tide in the experiment, the threshold value for salt tide is studied through dynamic experiments. It shows that the threshold value for the warning is better when it is 1.6 ~ 1.8. Through the automatic monitoring for consecutive one year, the installed warning system has precisely predicted the salt tide twice in safeguarding the drinking water.

**Key words:** blue defender; salt tide; warning threshold value; setting; research

---

(上接第 138 页)

## A Discussion on Organisational Construction of Environmental Statistics at Environmental Monitoring Stations at Western Prefecture-level City during the Period of Historical Transformation

DING Hong-xiang

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

**Abstract:** Based on the review of the existing problems in the environmental statistics organizations of one western prefecture-level city during the " Eleventh Five-Year", in view of the historical transformation, it is suggested to align the organisational establishment of the environmental statistics with the construction and development of the environmental monitoring station; and to accelerate the synchronized development of the environmental statistics and environmental monitoring.

**Key words:** environmental statistics; environmental monitoring; transformation period; organizational establishment

# 尽量减少输变电工频电场测量中畸变电场影响的测量方法

张召文

(云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650032)

**摘要:** 分析了引起输变电工频电场测量中产生畸变电场的因素, 提出了测量中减少畸变电场影响的措施。

**关键词:** 测量; 输变电; 工频电场; 畸变

**中图分类号:** X837 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 02 - 0142 - 03

## 1 工频测量中畸变电场的产生

电能是依靠运动的电荷来传递的。而带电或运行中的输变电设施周围存在的电场和磁场正是由其导体上载有的电荷或电荷的运动所产生的。也就是说, 电场是电荷周围存在的一种物质形式, 电量随时间作 50Hz 周期变化的电荷产生的电场为工频电场。电场强度在空间任意一点是一个矢量, 以 V/

m 为单位, 对交流高压架空送电线路和变电站, 电场一般用 kV/m 表示。在有导电物体介入的情况下, 电场在幅值、方向上会改变, 或者两者都改变了, 从而形成畸变场。同时, 由于物体的存在, 电场在物体的表面上通常会产生很大的畸变, 从而影响电场测量准确度, 详见图 1。

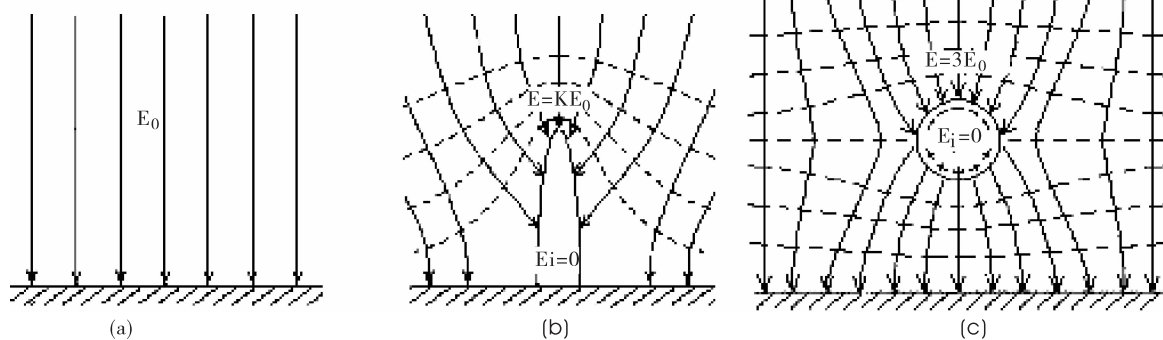


图1 电场畸变示意图

重庆大学国家重点基础研究计划 (973) 资助项目 (2009CB724506) “均匀场域中工频电场畸变效应分析” 研究表明, 在均匀电场中探头附近和主电极与副电极之间产生较严重的电场畸变, 平均畸变率在 27% 以上。如果再考虑到测量者的介入, 特别是我们关注的敏感建筑物的存在, 电场畸变的量还会更大。

图 2 为人和两种动物在 10kV/m 电场场强中使电场畸变的情况。

从图 2 中可看出, 由于生物体 (导体) 的存在, 使得原本 10kV/m 电场发生了很大的改变。在这样的条件下测得的场强已经和原来的情况发生了

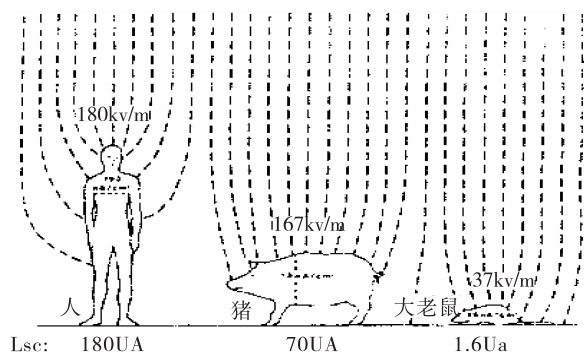


图2 人和动物在10kV/m电场场强中使电场畸变情况

大幅度变化。

实际测量中, 测量人员和测量仪表也会对原有工频电场产生影响。图 3 表示了测量人员与测量仪



表的距离对测量结果的影响。

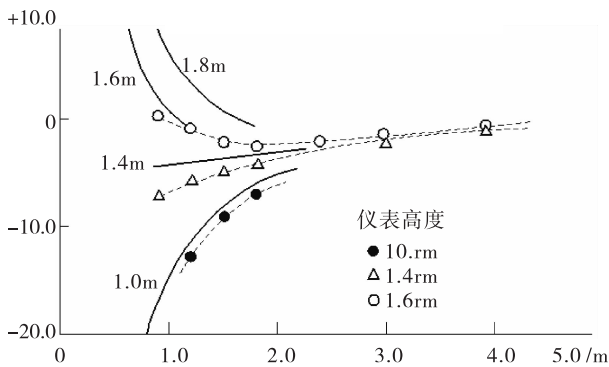


图3 测量人员与测量仪表的距离对测量结果的影响

图3中,横坐标表示测量人员与测量仪表探头的距离,纵坐标表示仪表读数的变化,图中示出的是仪表对地高度分别为1.0、1.4、1.6m时的测量结果。

很明显,测量人员与测量仪表探头的距离 > 2.5m后,读数变化趋于0;而 < 2.5m时,读数有很大的变化。

当测量仪表安置在较低位置(如1.4m以下)时,测量人员靠得过近,会使仪表受人体屏蔽,测得电场值偏低;而当测量仪表在较高位置(甚至由测量人员手持)时,则由于人体导致仪表所在空间电场的集中,往往使测试结果偏高。测量人员手持仪表进行测量是不对的,在极端情况下可能使测得的电场值成倍地偏高。

## 2 减少畸变电场影响的措施

### 2.1 一般要求

测量高压架空输电线的电场和磁场强度时,如果测量条件许可,测量点应选在地势平坦,没有树木,没有其他电力线路、通信线路、广播线路的空地上进行,设备应架设在地面上1.5m处。也可根据需要在其他高度测量,但要在报告中注明。

有资料表明,在大湿度下进行工频电场测量,有可能使测量结果比正常结果大数倍。为了避免这种影响,测量时,环境湿度应在80%以下。

### 2.2 采用足够长的数据光纤,使测量者距离测量设备足够远

前面讨论表明,当测量人员与测量仪表探头的距离 > 2.5m,由畸变电场产生的影响较小。现在一些测量设备均配备了较长的数据传输光纤,比如PMM8053系列的工频测量仪,配备有3m的测量数据传输光纤,测量时,测量者通过该光纤在3m外记录数据,可以尽量减少测量者的影响。

### 2.3 测量设备的尺寸和支架材质应合适

当设备介入到电场中测量时,应不使产生电场

的边界面上的电荷分布发生明显的畸变。测量探头放入区域的电场应均匀或近似均匀。

另外,架设测量设备的支架的材质也很重要。用金属支架显然是不合适的,木质支架在大湿度环境下也会产生较高畸变电场。相比较而言,塑料材质的支架更合适。

### 2.4 应特别注意临近物体对测量结果的影响

工频电场特别容易被树木、房屋等物体屏蔽,对测量结果产生影响,如果测量条件许可,应该避开临近物体、建筑等。

在实际工作中,我们会遇到敏感点,如关注的建筑物,距离输电线很近,或者直接被输电线跨越。这些建筑在拆迁范围之外或不属于拆迁范围,但一旦输电线投入运行,其产生的电晕噪声、工频电磁场又会对其产生一定的影响,这时,户主往往会向环保局提出投诉。此时,由于建筑的存在,其工频电场也是畸变的,在这些区域测量时如何布设点位成了关键问题。在这些情况下,谁去测量和评判不是重要的,关键是监测机构要有一个可以执行的统一的测量规范。

实际工作中,我们一般采用DL/T 988—2005《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》中规定的方法进行布点和监测。在这个标准中,规定了输电线路下民房内、民房阳台、民房楼顶平台上工频畸变电场的测量方法:

(1) 若在民房内测量,应在距离墙壁和其他固定物体1.5m外的区域进行,并测出最大值,作为评价依据。如不能满足上述与墙面距离的要求,则取房屋空间平面中心作为测量点,但测量点与周围固定物体(如墙壁)间的距离至少1m;

(2) 若在民房阳台上测量,当阳台的几何尺寸满足民房内场强测量点布置要求时,阳台上的场强测量方法与民房内场强测量方法相同;若阳台的几何尺寸不满足民房内场强测量点布置要求,则应在阳台中央位置测量;

(3) 民房楼顶平台上测量,应在距离周围墙壁和其他固定物体(如护栏)1.5m外的区域内进行,并得出测量最大值。若民房楼顶平台的几何尺寸不能满足此条件,则应在平台中央位置进行测量。

该标准规范了高压交流架空送电线路、变电站产生的工频电场和磁场测量,特别是对居民处工频电场的测量要求、测点的布置、测点与周围环境的相对位置,以及测量人员与测量探头间的

距离等做了明确的规定, 解决了我国目前关于输变电工程电磁环境引起的纠纷问题具有重要的现实意义。  
输变电工程电磁环境测量的混乱局面, 对解决由于

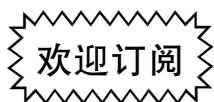
## A Method of Minimizing the Impact of Distorted Electric Field in the Measurement of Power Frequency Electrical Field of Electric Transmission and Transformation

ZHANG Zhao-wen

(Yunnan Provincial Radiation Environmental Supervision Station, Kunming Yunnan 650032 China)

**Abstract:** This paper analyzes the factors resulting in the distorted electric field during the measurement of the power frequency electric field of the electrical transmission and transformation, and puts forward the measures to minimize the distortion impact.

**Key words:** measurement; electric transmission and transformation; power frequency electric field; distortion



## 《环境科学导刊》杂志

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

《环境科学导刊》(原《云南环境科学》)创刊于1982年, 是云南省环境保护厅主管, 云南省环境科学研究院主办, 全国公开发行的环保科技期刊。本刊主要刊登环境科学学术性论文、环境科研报告及介绍环境工程应用技术的文章。主要栏目有: 科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等。适合所有从事环境保护工作的人员和大专院校有关专业的师生阅读, 也可供规划、农、林、水、土、卫生等部门的有关人员参阅。

《环境科学导刊》为双月刊, 每双月25日出版, 全年定价60元。读者可通过邮局汇款到本刊编辑部或通过银行转帐到云南省环境科学研究院订阅。

### 邮局汇款

邮政编码: 650034

汇款地址: 昆明市西山区气象路王家坝23号

收款人: 《环境科学导刊》杂志社

电话: 0871 - 64142389

### 银行转帐

开户名: 云南省环境科学研究院

开户银行: 建行昆明市西园南路支行

帐号: 53001615637050309169

E-mail: [ynhjx@yies.org.cn](mailto:ynhjx@yies.org.cn)