

环境科学导刊 (双月刊)

HUANJING KEXUE DAOKAN

第 31 卷 第 3 期 总第 138 期

2012 年 6 月 25 日出版

目 次

| | |
|---|------------------------------|
| · 环境管理 · | |
| 基于物联网与 GIS 的环境质量管理信息系统设计 | 王立群, 贾继薇 (1) |
| 沙口水厂水源保护管理体系的建立 | 罗艳明, 关展雯 (3) |
| 论基层环境执法难的突出问题 | 尚林 (5) |
| 杭州市环保系统人才队伍建设初探 | 曹睿, 张慧君 (8) |
| · 环境保护 · | |
| 农村环境保护问题与对策初探 | 刘峰 (10) |
| 浅谈国家生态县创建中的能力建设及保障措施 | 杨飞 (13) |
| 积极探索生态创建之路力促区域环境、经济“双赢” | 王嵩 (16) |
| 铁岭县工业园区发展与环境保护措施探讨 | 张明 (19) |
| 论节能减排与低碳经济 | 李玲, 赖志刚, 黄光波, 朱小翠, 黄袁金 (21) |
| · 水环境保护 · | |
| 珠江流域水污染现状与主要问题成因分析 | 和丽萍, 张兴, 陈晟 (24) |
| 2002 ~ 2009 年红枫湖水污染趋势分析 | 肖致强, 安艳玲 (29) |
| 基于水质水动力模型的鱼洞水库水污染物总量控制研究 | 张宁燕, 赵磊, 王志芸, 朱翔, 邹锐 (35) |
| 滇池湿地环境影响评价指标体系研究 | 杨苓彬 (42) |
| 云南省九大高原湖泊营养状态综合对比评价分析 | 包艳飞, 崔东文 (48) |
| 洞庭湖区环境污染的安全性研究 | 吕殿青, 王宏, 侯旭蕾, 刘小梅 (53) |
| 松华坝水源保护区产业格局初探 | 李丽珍, 郭朋恒 (57) |
| · 污染防治 · | |
| 水葫芦制备生物气高效工艺中试研究 | 吴泽宇 (61) |
| 凤眼莲净化治理滇池蓝藻污染的可行性研究 | 李晨光 (64) |
| 水生植物治理水污染工艺及在我国的应用潜力 | 徐伟娜 (69) |
| 水泥工业节能减排措施及节能量分析 | 刘维维, 付炳林, 栾景丽, 何艳明, 欧根能 (72) |
| 电动技术去除城市污泥重金属的试验研究 | 陈静, 张薇琳 (76) |
| · 环境监测 · | |
| 过硫酸钾氧化法测总氮的改进方法探讨 | 宋月英 (80) |
| 浅谈水质中总氮测定的影响因素 | 毛立宾 (83) |
| 4 - 氨基安替比林直接光度法测定污水中高浓度挥发酚 | 蔡裕丰, 吴春妍 (85) |
| 吹扫捕集 - 气相色谱/质谱法测定水中 27 种挥发性有机物 | 李国媛 (88) |
| 污泥焚烧中二氧化硫检测新方法 & 污泥处理探讨 | 赵阳, 焦健, 李乐 (91) |
| 污水处理厂剩余污泥中总磷的测定 | 冯新长, 张黎黎 (94) |
| 利用土壤干燥箱主动干燥 - 微波消解 - 原子吸收分光光度法测定土壤中的重金属 | 张健美, 吴春妍, 许卫娟 (97) |
| · 监测质量控制及管理 · | |
| 差压法测试生化需氧量的校验方法及过程 | 陈婧娟 (100) |
| 低频噪声监测过程中有关问题探讨 | 毕勇 (102) |
| 环境监测质量控制结果的几种评价方法探讨 | 夏新, 马芳 (104) |
| LIMS 系统在环境监测实验室质量管理中的应用 | 陆锦标 (108) |
| 论环境监测过程中的质量保证工作 | 潘春龙 (111) |
| 云南省重点污染源在线监控灾备系统的建设与展望 | 白爱民 (114) |
| 论离子色谱在县级环境监测中的应用 | 罗丽娟 (118) |
| 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明 | (52) |
| 《环境科学导刊》征订启示 | (82) |
| 《环境科学导刊》征稿简则 | (107) |
| 封面图片: 建水朝阳楼 | 普中华摄 |

期刊基本参数: CN53 - 1205/X * 1982 * q * A4 * 120 * zh * P * ¥10.0 * 2000 * 35 * 2012 - 06

ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

(Bimonthly) Vol. 31 No. 3 2012

CONTENTS

| | | |
|---|--------------------|---------|
| A Design of Environmental Quality Management Information System Based on IOT and GIS | WANG Liqun etc. | (1) |
| Establishment of Water Source Protection and Management System in Shakou Water Plant | LUO Yanming etc. | (3) |
| Some Major Issues in the Environmental Law Enforcement at the Local Level | SHANG Lin | (5) |
| A Study on Capacity Building of the Environmental Protection Staff in Hangzhou Municipality | CAO Rui etc. | (8) |
| A Preliminary Study on Issues and Countermeasures in Rural Environmental Protection | LIU Feng | (10) |
| A Preliminary Discussion about Capacity Building and Safeguard Measures in Building Ecologically Friendly County | YANG Fei | (13) |
| An Exploration into Building Ecologically Friendly Society for a " Win – Win" of Environment and Economy ... | WANG Song | (16) |
| A Discussion about the Industrial Park Development and Environmental Protection in Tieling County | ZHANG Ming | (19) |
| A Discussion about Energy Saving, Emission Reduction and Low Carbon Economy | LI Ling etc. | (21) |
| An Analysis of Water Pollution Situation and Its Main Causes in Pearl River Basin | HE Liping etc. | (24) |
| An Analysis of Water Environment Changes of Lake Hongfeng (2002 – 2009) | XIAO Zhiqiang etc. | (29) |
| A Research on Total Load Control of Water Pollutants in Yudong Reservoir Based on Water Quality Hydrodynamic Model | ZHANG Ningyan etc. | (35) |
| A Research on Indicator System for Environmental Impact Assessment for the Wetland in Lake Dianchi | YANG Lingbin | (42) |
| An Analysis of Comparative Evaluation of the Nutrition Status of the Nine Plateau Lakes in Yunnan Province | BAO Yanfei etc. | (48) |
| A Safety Research on Environmental Pollution of Lake Dongting | LV Dianqing etc. | (53) |
| A Preliminary Study on Industrial Structure in Songhuaba Water Source Protected Area | LI Lizhen etc. | (57) |
| A Pilot Study on High Efficient Biogas Production by Water Hyacinth | WU Zeyu | (61) |
| A Feasibility Study on Blue Algae Pollution Control by Water Hyacinth in Lake Dianchi | LI Chenguang | (64) |
| The Potential of Water Plants in Water Pollution Treatment in China | XU Weina | (69) |
| An Analysis of Energy Saving Measures and Energy Savings of Cement Industry | LIU Weiwei etc. | (72) |
| An Experiment on Removing Heavy Metals from Sewage Sludge by Electrokinetic Technology | CHEN Jing etc. | (76) |
| Improvement in Total Nitrogen Determination by Using Potassium Persulfate Oxidation Method | SONG Yueying | (80) |
| A Discussion of Factors Affecting Total Nitrogen Determination in Water | MAO Libin | (83) |
| Detection of High – Content Volatile Phenol in Sewage by 4 – Aminoantipyrene Direct Spectrophotometric Method | CAI Yufeng etc. | (85) |
| Determination of 27 Volatile Organic Compounds in Water by Purge and Trap – Gas Chromatography/Mass Spectrometry | LI Guoyuan | (88) |
| A Discussion on A New Method of Detecting Sulfur Dioxide from Burning Sludge and Sludge Treatment ... | ZHAO Yang etc. | (91) |
| Determination of Total Phosphorus in Surplus Sludge of Sewage Treatment Plant | FENG Xinchang etc. | (94) |
| Determination of Heavy Metal in Soil through Active Drying of Soil Drying Oven, Microwave Digestion and Atomic Absorption Spectrophotometry | ZHANG Jianmei etc. | (97) |
| Verification Method and Process for Testing Chemical Oxygen Demand by Differential Pressure Method | CHEN Jingjuan | (100) |
| A Discussion on Problems of Low Frequency Noise Monitoring | BI Yong | (102) |
| A Discussion on the Evaluation Methods of Quality Control Results in Environmental Monitoring | XIA Xin etc. | (104) |
| Application of LIMS for Quality Management of Environmental Monitoring Laboratory | LU Jinbiao | (108) |
| A Discussion on Quality Insurance in Environmental Monitoring | PAN Chunlong | (111) |
| Construction and Prospect of Disaster Recovery System of On – Line Major Pollution Source Monitoring in Yunnan Province | BAI Aimin | (114) |
| A Discussion on Application of Ion Chromatography in Environmental Monitoring at County Level | LUO Lijuan | (118) |

基于物联网与 GIS 的环境质量管理信息系统设计

王立群, 贾继薇

(天津市环境保护科技信息中心, 天津 300191)

摘要:设计了一种基于物联网与 GIS 技术的环境质量管理信息系统, 系统以 GIS 为主干, 辅以物联网技术, 将 GPS 定位模块集成到 RFID 中, 实现数据的快速采集与空间定位。该系统可以充分发挥物联网无线识别与地理信息系统空间数据表达分析能力强的优势, 更好地为环境质量管理提供决策支持。

关键词: 物联网; GIS; 环境质量管理; 系统

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0001-02

随着国民经济和社会活动的高速发展, 人类面临着日益严峻的环境形势。大气污染、水污染、噪声污染、电磁辐射污染等问题日趋严重, 破坏着自然生态环境, 威胁着居民的健康, 严重制约着生态平衡及社会的可持续发展。党中央、国务院高度重视环境保护工作, 把环境保护作为全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的重大历史任务, 摆在十分重要的战略位置。环境质量管理是环境保护工作的重中之重, 逐渐成为影响人民生活的主要因素之一。

物联网是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力和执行能力的各种信息传感设备, 通过网络设施实现信息传输、协同和处理, 从而实现广域网或大范围的人与物、物与物之间信息交换需求的互联^[1]。将物联网应用于环境保护领域可以有效整合通信基础设施资源和环保基础设施资源, 使通信基础设施资源服务于环保行业业务系统运营, 提高环保行业业务系统信息化水平, 提高环保行业业务系统基础设施的利用率^[2]。

地理信息系统 (简称 GIS) 是近年来迅速发展的地理科学研究新技术, 它集计算机、地球科学、信息科学为一体, 以地理空间数据库为基础, 对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示, 并采用地理模型分析方法, 适时提供多种空间和动态的地理信息^[3]。由于环境要素具有典型的空特性, 相关的各种要素都具有空间的相关性, 因此客观上要求数据处理和操作采用时空处理的手段, 而 GIS 技术的发展适应了这样的要求。

环境质量管理是运用一系列手段, 使经济发展与环境协调, 来限制损坏环境质量的活动的。环境质

量管理信息系统是为环境质量管理服务的信息系统, 力图使环境质量管理数据得到良好的应用。如果能将物联网与 GIS 技术集成起来, 用于信息系统的集成与开发, 就可以充分发挥物联网目标身份快速识别的特点, 以及 GIS 空间管理与分析的优势, 大幅度改善管理信息系统的工作效率。

基于这种考虑, 我们设计了一种基于物联网与 GIS 技术的环境质量管理信息系统, 以便能够对这种集成技术的应用潜力进行探索与示范。

1 总体结构

本系统以 GIS 为主, 其业务逻辑主要围绕着环境质量管理的实际需要而构建, 总体结构如图 1 所示。

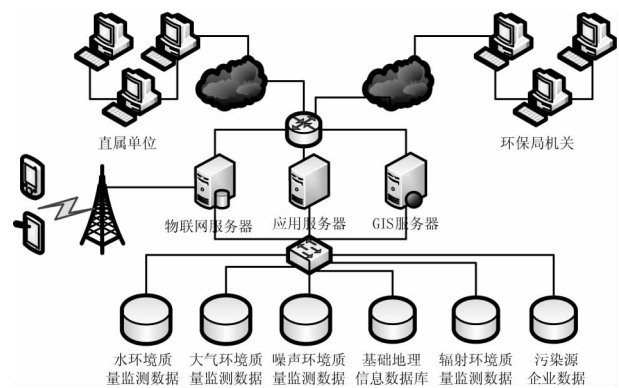


图1 环境质量管理信息系统网络结构

其中, 数据库部分用于存储基础地理信息的空间数据、污染源企业数据以及大气、水、噪声、辐射、海洋环境质量等的环境质量业务数据, 该数据库是环境质量综合分析的基础。

传感器终端可以设计为在一般 RFID 基础上集成 GPS 定位模块, 从而实现嵌入式 GIS 设备与物联网关键技术 RFID 读写设备的一体化。

物联网服务器可以是单独建立的一台服务器,也可以是一系列已有物联网服务器的集群,主要用于收集、存储传感器终端发送的监测数据与空间数据信息,并将这些返回给用户以及数据库。

2 系统功能设计

2.1 基本 GIS 功能

基本 GIS 功能包括:①系统平台数据的浏览、放大、缩小、漫游、鹰眼、图层控制、打印输出等操作;②关键词查询、属性查询、空间查询等多种查询方式,支持模糊查询;③根据不同环境质量管理要素生成相应的环境质量管理专题图和统计图。

2.2 环境信息采集

结合 GIS 地图功能,根据传感器终端分类与坐标信息,选取目标传感器进行信息采集,同时直观显示各传感器终端工作状态,以便及时进行调整部署。获取的监测信息需要经过物联网服务器的预处理,提取数据的核心特征,过滤冗余信息,然后回传给数据库。

2.3 大气环境质量管理模块

以天津市大气环境质量管理为例:①按照监测时间、固定报表的形式,分为日报、周报、月报、采暖期报表,根据报表制作全市和各区县大气环境质量对比专题图,显示在地图中;②统计不同时期的各区县达标天数,统计全市、各区县以及各监测点空气质量变化情况;③将监测点监测数据与周边污染源企业污染物排放数据的变化情况进行对比分析,查找污染根源;④空气点源在有风、无风、连续排放和瞬时排放等气象条件下扩散模拟过程分析。

2.4 水环境质量管理模块

①按照河道、国控断面展示一级河道、二级河

道、排污河、近岸海域水环境监测报表,按水质情况在地图中渲染;②统计各监控断面不同时期的水质变化情况;③对比分析河流周边企业污染物排放情况与断面水质监测情况,查找水质污染根源。

2.5 噪声环境管理模块

①按季度展示道路、区域、功能区噪声监测数据,按照声级分布进行渲染;②将噪声监测数据与地理空间数据相结合,建立噪声现状评价体系与噪声影响评价体系。

2.6 辐射环境质量管理模块

①在地图中展示放射源地理空间信息,实时展示电磁与电离辐射监测数据;②展示辐射监测点一定半径内的学校与社区分布情况,建立放射物扩散模型,利于在突发事件下做出决策。

3 总结

物联网是互联网的延伸与扩展,地理信息系统能够很好地处理空间数据,将二者进行集成,必能发挥各自的优势。本文针对环境质量管理的具体要求,设计了一个基于物联网与 GIS 的环境质量管理信息系统,在以 GIS 为主干的情况下,采用了物联网的 RFID 技术。随着物联网技术的快速发展,它与 GIS 的结合必将越来越密切,可切实提高环境监测的分析水平,更好地为环境管理提供决策支持。

参考文献:

- [1] ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things [EB/OL]. <http://www.itu.int/internetofthings/>.
- [2] 田铁红,程赓,毛松,等.面向环境保护的物联网发展探讨[J].信息通信技术,2010,(5):31-35.
- [3] 李莉.开发地理信息系统为环境管理服务[J].城市环境与城市生态,1997,(1):11-13.

A Design of Environmental Quality Management Information System Based on IOT and GIS

WANG Li-qun, JIA Ji-wei

(Tianjin Environmental Protection Technology Information Center, Tianjin 300191 China)

Abstract: An environmental quality management information system is designed based on the Internet of Things (IOT) and Geographic Information System (GIS). IOT is supplementary to GIS in this system. GPS positioning module is integrated into Radio Frequency Identification (RFID), which is used for rapid data collection and spatial positioning. The system is privileged by having both the wireless identification of IOT and the strong spatial data expression and analysis capacity of GIS. Thus it could provide better decision support for environmental quality management.

Key words: Internet of Things (IOT); Geographic Information System (GIS); environmental quality management; system

沙口水厂水源保护管理体系的建立

罗艳明¹, 关展雯²

(1. 南庄镇环境监测所, 广东 佛山 528061; 2. 佛山市珠江综合整治委员会办公室, 广东 佛山 528000)

摘要:介绍了我国、广东省、其他市出台的有关水源保护管理的一些政策, 阐述了佛山市禅城区在沙口水厂水源保护工作体制、技术、资金等方面的一些创新做法。

关键词:水源; 保护; 管理体系; 禅城区; 佛山市

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0003-02

随着中国经济社会快速发展、人口持续增长和城镇化率逐步提高, 城市集中供水需求逐年增大, 但饮用水源所在区域的工业、生活和面源污染给水源环境质量带来了很大的威胁。饮用水源地保护是一项重大的民生工程, 如何加强水源保护区的管理问题, 已经摆上了各级政府的议事日程。

1 我国新出台的管理政策

2010年6月, 为全面推动中国饮用水安全保障工作, 切实维护人民群众身体健康, 环境保护部会同国务院有关部门及地方政府, 组织完成并下发了《全国城市饮用水水源地环境保护规划(2008-2020年)》(以下简称《规划》)。《规划》的发布实施, 将有效指导各地开展饮用水水源地环境保护和污染防治工作, 有利于进一步提升水源地环境管理和水质安全保障水平, 改善我国城市集中式饮用水水源地环境质量。

该《规划》在全面调查评估全国655个设市城市及县级政府所在地城镇4002个集中式饮用水水源地水质和环境管理状况的基础上, 认真分析了饮用水水源保护工作中存在的水质达标率较低、保护区划分与管理不规范、监测及应急能力薄弱等的主要问题, 提出了“以防为主、防治结合、统筹规划、综合治理、突出重点、分步实施、创新机制、加强监管、明确职责、强化考核”的水源环境保护原则, 明确了全面改善集中式饮用水水源地环境质量状况、提升水源应急监测及应急供水能力, 满足2020年小康社会对水源水质安全的需求等总体目标, 并进一步将规划目标分解为水质、保护区划分与管理、一级保护区整治、水源地监管能力共4类

5项指标。

2 广东省出台的管理政策

2007年7月, 《广东省饮用水源水质保护条例》经广东省人大正式通过实施。该条例规定饮用水源保护区内所有禁止设置的威胁饮水安全的项目和设施, 将限期停业、关闭或拆除。

《条例》规定, 广东省各级人民政府应当将饮用水源水质保护纳入经济社会发展规划, 规划项目布局 and 产业结构调整须符合饮用水源水质保护的要求。同时还明确了政府保护饮用水源的责任, 对政府保护饮用水源水质工作做了详细规定, 要求县级以上人民政府负责本行政区域内饮用水源水质保护工作, 将饮用水源水质保护情况纳入政府环境保护责任考核范围。

《条例》还对有关饮用水源保护区进行了细分, 规定饮用水源保护区包括地表水源保护区和地下水源保护区。饮用水地表水源保护区内禁止设置排污口, 禁止新建、扩建排放含有持久性有机污染物和设置餐饮、娱乐设施、畜禽养殖场等。一级保护区内禁止从事旅游、游泳、洗涤等活动。

3 国内兄弟城市的一些先进管理经验

为进一步提高佛山市饮用水源保护的工作水平, 2009年9月, 由佛山市环保局牵头组织各区相关人员赴南昌等地学习饮用水源管理工作的先进经验。南昌市非常重视饮用水源的法律保障建设, 为保障治水战略的顺利实施, 南昌市人大、市政府在每年的年度立法计划中均重点安排了环境立法内容。为规范城市开发建设活动, 南昌市把城市水土保持纳入法制化、规范化轨道, 出台了全国省会城市第一部城市水土保持地方性法规—《南昌市城市水土保持条例》。同时还颁布了《南昌市河道采砂管理条例》和《南昌市赣江饮用水源保护条例》

收稿日期: 2011-12-20

作者简介: 罗艳明(1974-), 女, 环境管理工程师, 大专学历, 主要从事环境管理工作。

等,为科学治水提供了重要的法律保障。通过以上措施,南昌市的一些历史遗留的水环境建设的重点、难点问题逐步得到解决,水环境质量得到明显改善。2004~2007年,南昌市集中式地表水饮用水源水质达标率稳定在99%以上。

4 沙口水厂基本情况

沙口水厂位于佛山市禅城区西部张槎大富、北江支流东平河潭洲水道北岸,取水口位于北江支流东平河潭洲水道。该水厂占地13hm²,绿化率超过60%,供水能力达50万m³/d。先后分三期进行建设:1993年初,第一期工程建成投产;1994年底,第二期工程全面竣工;2002年9月,第三期工程完成后,该厂的自动化程度大大提高,生产能耗进一步降低,出厂水水质更趋稳定。

该水厂拥有先进的生产工艺和设备,其净水系统主要设备从美国、德国、法国、日本引进;泵站电机、水泵和电柜采用国产设备;净水工艺设施由公司吸收国际先进技术,自行设计、安装和调试;整个生产流程的操作及监控均采用佛山市水业集团公司自行设计的集散控制系统。供水生产管理已通过ISO9001(2000版)认证,实施三级水质管理体系对源水、各工艺流程水、出厂水水质进行在线监测,以确保出厂水水质符合并优于国家饮用水水质标准。沙口水厂工程1996年获中国市政工程金杯奖,并被建设部有关领导誉为水厂建设的“佛山模式”。

5 佛山市禅城区在沙口水厂水源保护管理方面做的工作

多年来,沙口水厂的水源水质一直稳定达到国家地表水Ⅲ类水的水质标准,这有赖于禅城区各级政府对沙口水厂水源保护区持之以恒的整治和管理工作。

5.1 对水源保护区进行整治

2003年,禅城区根据全市饮用水水源保护工作的要求,关闭了沙口水厂吸水点附近的沙场。同时,为了彻底消除污染隐患,准备对该处的鱼苗场进行搬迁,并征用该处土地,建成水源生态保护区。但由于种种客观原因,征地工作进展缓慢。

2006年,区政府转变工作思路,决定由征地控制保护向租地绿化保护转变,在张槎街道办事处和有关职能部门的努力以及大富村委会的积极支持

下,区政府的租地方案得以实施。经协商,租地绿化面积为16.88hm²,首期期限为10a,10a的租地金额840万元、地上建筑物补偿资金254万元、鱼苗场搬迁补偿费用70万元。

该保护区的绿化工程以生态自然景观为基调,种植抗污染、净化能力强及生长稳定的植物,计划把该水源保护区建成一个绿色的生态廊、城市的风景线。所有绿地计划的投入资金为110万元,目前绿化树种已经栽种完毕,今后这里将全部封闭实施绿化,并在路口竖立“一级水源保护区”的石碑提醒市民。

5.2 建设沙口水质自动监测站

2006年11月初,沙口水质自动监测站竣工并投入试运行,实现了对东平河饮用水源水质的自动监测。该水质自动监测系统对禅城区中心城区的饮用水水源进行了24h实时监控,包括pH值、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数等9个必测项目。启用自动监测系统后,可以帮助环保部门实时掌握水质情况,尽早发现和控制污染事故,及时发布水质污染预警预报。一旦发生水污染事故,环保部门就能马上察觉,及时作出反应。2008年5月,该水质自动站还进行了二期升级改造,在原有9个常规监测项目的基础上再新增酚、镉等8项有毒有害物质监测能力,饮用水源污染事故的应急预警能力得到进一步提升。

5.3 水源保护区的标准化建设

2008年,根据佛山市创模的要求,禅城区在沙口水源一级保护区完成了围网工作,这是全市首个开展饮用水源一级保护区围网工作的辖区。2011年,根据国家下发的《饮用水水源保护区标志技术要求》,禅城区继续在沙口水厂饮用水源地完成了标志牌的标准化建设工程,并被列为佛山市水源保护的示范工程,受到省、市领导的一致好评。

6 小结

虽然目前我国饮用水水源地水质状况总体良好,但饮水安全仍面临严峻形势,保障饮水安全仍存在法律、体制、技术、资金等方面的不足,急需加以解决。饮用水源的保护是与人民群众生活密切相关的一件大事,各级人民政府必须要加大治理力度、建设力度和管理力度,尽一切努力确保市民饮用水安全。

(下转第41页)

论基层环境执法难的突出问题

尚林

(当涂县环境保护监察大队, 安徽 当涂 243100)

摘要:认为基层环境执法存在环境立法欠缺执行细则, 基层环保执法队伍综合实力落后, 环境执法体制名义不顺, 地方保护主义, 企业环境意识不高等问题。提出必须从完善环境立法, 加强环境执法能力建设, 理顺环境执法体制, 打破地方保护主义, 强化政府环境责任, 加大对排污企业的监控力度等多方面齐发力, 共谋对策。

关键词:环境执法; 问题; 原因; 对策

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0005-03

1 环境行政执法理念简述

环境行政执法指依法享有环境管理权的行政主体, 依职权适用法律手段对环境行政相对人采取的直接影响其权利义务的环境行政行为, 并进行其它环境监督管理的活动。环境行政执法不包括“行政机关制定环境行政法规和规章等行政立法行为”及“解决和处理争议与环境行政管理密切相关的民事争议的行政司法行为”。环境行政执法的具体形式包括: 环境行政许可、“三同时”验收、现场检查、限期治理、排污收费、调查取证、环境行政处罚等。其兼具环境法与行政法的双重特质, 遍及环境管理的方方面面, 是环境管理过程中最为有效的执行手段。

2 环境执法难的深层次原因

2.1 环境立法体系的缺陷

我国环境立法体系虽面面俱到, 法律法规、技术标准众多, 但却缺乏最基本的可操作性。譬如施行于 2000 年的《中华人民共和国海洋环境保护法》中明确阐述“海洋污染损失”是指由于人类的活动, 直接或间接地把物质或能量引入海洋环境, 产生损害海洋生物资源、危害人体健康、妨碍渔业和海上其他合法活动、损害海水使用素质和减损环境质量等有害影响。时至 2011 年, 康菲公司在我国渤海海域开发石油时发生的溢油事件为一起海洋环境重大污染事故。事发后, 康菲公司未提出切实的赔偿方案, 也未对漏油原因公开调查, 只字未提生态环境方面损害的评估分析与修复。这与我国在环境法系上的行政执法空白有着直接关系, 使得环境执法队伍无法有效维护环境法律所辖范畴。

一般而言, 环境污染涉及面甚为复杂, 其造成的损害过程通常在空间方面有广泛性, 在时间上有累积性, 而且具有间接性。通常来说并不是出现污染行为马上造成损害, 所以这一系列的特点就决定了案件里的因果关系是非常难确认的。

2.2 县级基层环境执法力度薄弱

县级基层环境执法力度仍较为薄弱, 主要表现在建设项目管理跟不上, 审批过程中干扰因素多, 县城乡镇等部分地区依然存在着环评在未前置审批前, 工商、税务、卫生、质检等相关部门就已先行核发了证照、办理了相关手续, 导致环保部门无法对层出不穷的小企业实施有效管理与监督。排污费无法足额征缴, 存在着协商收费、人情收费、随意降低征收标准的乱象, 使行政执法的严肃性蒙上了一层暧昧的面纱。很多污染企业在限期治理期间, 无法完成治理任务, 最终不了了之, 成了当地政府与环保部门的一块顽疾。有的省控、国控企业自恃级别高人一等, 拒绝县级环保行政执法人员的日常现场检查。

2.3 法律意识淡薄

《中华人民共和国环境保护法》中规定, 一切单位和个人都有保护环境的义务, 并有权对污染破坏环境者进行检举和控告。而现在公众的环境意识, 特别是环境参与意识仍比较低。国家出台的《环境影响评价公众参与暂行办法》缺乏具体操作细则, 如三产项目, 若小区商住楼底商即将投建一家 KTV, 到底应在多大范围内告知多少户居民来参与, 完全由当地环保部门说了算, 范围大了增加工作难度, 范围小了存在环境污染隐患。选取对象还要做到有典型代表性, 否则建成后影响居民正常

生活,造成扰民现象,就会导致环境投诉。

2.4 环保执法队伍素质、执法手段亟待提高

(1) 基层环保行政执法机构尚不健全。环保部门在当地政府的级别和隶属未予明确,造成各地县级环保部门在政府的组成和隶属问题上较为混乱:有的作为隶属政府的一级机构,有的作为政府二级机构。环保局的权力在这种混乱局面中无法凸显出来,欠缺在执行执法过程中法定的权威。环境监察机构应有的法律地位缺失,在其职能上虽算国家的行政执法部门,但编制上却是事业单位,在行使环境执法的权力上显得力不从心。

(2) 环保执法人员的法律及业务素质亟待加强。由于我国高校开设环保专业较为滞后,各地基层环保部门组建初期缺乏环保专业人才。近年,大批从环保专业毕业的学生又受限于环保编制过少等遗留问题而进不了环保部门这道门槛,最终形成了非环保专业人员承担着执法工作,而真正环保专业人才无法从事环保工作的尴尬局面。目前,环境行政执法队伍中有些人在重要岗位上因缺乏专业环保知识与实践经验,难当重任,执法过程唯唯诺诺,执法结果往往大事化小或敷衍了事。

(3) 环境执法队伍人员紧缺、装备落后、监控手段以及执法经费难以保障。不少县域基层地区环境监察机构资金缺口达50%以上。有些环境监察机构甚至连取证设备和执法车辆都无法保障,更谈不上自动化监控设备,其环境执法的科技含量也相应较低。有的地方即便配备了应急监控设备,也因为缺乏能正确使用和操作熟练的技术人员,且设备维护费用高,而造成设备使用率低下。

2.5 多部门职能交叉,环境执法收效差

县级地方人民政府环境保护行政主管部门,对本辖区的环境保护工作实施统一监督管理。但由环境保护部门实行统一监管的却只有工业污染防治这一块。土地、农业、林业、海洋、水利等都有相应的上级主管部门管辖,譬如污水处理这块由城建部门承担,交通船舶污染由交管部门承担,交通及社会生活噪声污染由公安部门承担,水土保持和河道清淤由水利部门承担,农业面源污染由农业部门承担,自然保护区又有环保、建设、国土、林业等多个部门在各司其职,而此类多头管理,重复管理,职责交叉的事实,致使环保部门难以真正意义上实施统管、监督。现实中,国家法律法规也不可能对多头管理的部门应尽职划分得滴水不漏,致使管理盲区存在。

3 解决对策

3.1 完善环境立法

加强地方性法规及规章制度建设。由于全国各区域经济发展的不平衡,产污种类与污染程度也千差万别,大可不必墨守陈规,千篇一律地照搬国家法规标准,根据各地实际情况可制定严于国家的地方性法规及规章。可设立环境公益诉讼机制,以保护环境公益为目的,允许社会中的个体依法行使诉讼权利,以个体名义代表自身或社会整体实现保护整个社会环境公共利益的权利。对于环境侵权的成立采用只要有环境违法行为发生,无论是否产生损害结果,都可以进行环境公益诉讼,由此扩大社会团体及非直接利害关系人行使环境公益起诉权的案件范围。同时,地方环境监察部门、监测部门、环保局主动配合诉讼主体提供环境损害分析、恢复报告与监测数据,实现真正意义上的合法、合理维权。

3.2 加强环境执法能力建设

执法能力的高低取决于执法队伍的综合实力强弱,因此,建设一支环保执法强有力的生力军在任何情况下都是硬任务。首先,要健全并充分保障环境执法机构,从人员经费供给、人事编制上解决因各项拨款不足而引起的一系列突出问题,环保部门的财政供给应与地方财政分离,以最大程度上减少地方政府与官员参与在环境执法中的行政干扰。其次是要增强环保专业知识培训,提高环境执法队伍整体素质。讲师不必非得是各大名校教授专家,可从基层选取经验丰富的环境执法工作人员,从切身工作谈起,以大量丰富的案例,结合新兴各行业的生产工艺、排污类型、原辅材料消耗、治污技术等综合知识,开展全方位的零距离授课,以提高环境执法队伍的学习效率。再次必须配备必要的执法设备,如车辆、摄像机、电脑、照相机、监测仪器等,以便调查取证。四要加强环保执法队伍管理,建立健全责任追究制和内部工作机制,提高执法效率。

3.3 加强考核,落实地方政府环境保护责任制

地方政府要想长远地提升居民生活综合水平,必须站在长远发展的高度优先重视、加强环境保护工作,并将此作为首要职责。必须将环保指标纳入领导干部政绩考核指标体系中,建立地方行政领导环境质量负责制,实行“一票”否决制。这样才能把环保法律法规及政策落实到位,减少地方保护主义的行政干预,放手让环保部门敢于执法。

3.4 完善执法过程, 加大监管强度

(1) 完善环境执法过程, 严格依照国家环境法律法规中的规定, 摒除人情关系、行政干预等干扰, 认真履行法律赋予环境行政执法部门的职责, 做到合法执法, 依法守地地维护环境法律体系的每一寸正义之疆。

(2) 企业在违法事实上往往采取回避态度, 不会在第一时间主动上报监管部门, 而是尽可能隐瞒遮掩, 混淆环保执法部门的视听, 使环保执法人员难于及时发现并取证。为加大对排污企业的监管强度, 让违法企业受到应有的惩戒, 首先应加大现场环境监察频率, 安装在线排污监控设备; 其次应动员广大的基层公众力量, 使其加入到监督队伍中来, 主动参与对环境违法行为的监督、举报, 使环境执法部门发挥最强有力的作用。

3.5 大力提高全民环保意识

(1) 加大对环境保护法律法规体系的科普宣传力度, 用老百姓喜闻乐见的方式, 从一些浅显有意义的环境污染小案例延伸到对子孙未来乃至人类发展的切身关注, 引发公众的深思, 引起公众的重视, 提高全民的环保意识。

(2) 把真相还原给民众, 让民众了解现今我们所处的环境现状与未来的发展趋势, 发动全社会的力量监督企业排污, 对企业缴纳排污费、行政处罚名单等定期公告公示, 使群众依法享有监督权, 并能参与其中。让民众自发意识到, 只有人人参与管理, 才能保障我们子孙后代的天空依然湛蓝, 湖水依旧清澈。

(3) 完善环境信访制度, 设置环境信访专员

与突发事件发言人, 以方便群众投诉、反映情况。也可以就突发事件及时向社会公布信息, 以免不良恐慌的发生。

4 结论

基层环境执法难已引发环境污染问题日益严重, 并深深制约了当地经济发展。究其成因无外是: 环境立法欠缺执行细则, 基层环保执法队伍综合实力落后, 环境执法体制名义不顺, 地方保护主义, 企业环境意识不高。若要解决此类顽疾, 必须从完善环境立法, 加强环境执法能力建设, 理顺环境执法体制, 打破地方保护主义, 强化政府环境责任, 加大对排污企业的监控力度等多方面齐发力, 共谋对策。

参考文献:

- [1] 林光洙. 环境法与环境执法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 朴光洙, 刘定慧, 马品懿. 环境法与环境执法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] 刘国涛. 环境与资源保护法学 [M]. 北京: 中国法制出版社, 2004.
- [4] 李恒远. 环境法制读本 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 宋卫国. 影响环境执法的因素及对策 [J]. 甘肃环境研究与监测, 2003, (12): 63.
- [6] 高京昭, 刘书河, 唐绍洪. 以科学发展观审视环境执法与司法 [J]. 内蒙古农业大学学报 (社会科学版), 2006, 8 (2): 73-75.
- [7] 张荣华, 张丽敏. 浅谈新形势下环境信访的主要表现及对策 [J]. 山东环境, 2003, (2): 21.
- [8] 梁治平. 新波斯人信札 - 变化中的法观念 [M]. 北京: 中国法制出版社, 2000: 62-63.

Some Major Issues in the Environmental Law Enforcement at the Local Level

SHANG Lin

(Dangtu County Environmental Protection Supervision Team, Dangtu Anhui 243100 China)

Abstract: Such issues have been brought up in this paper as a lack of detailed executive rules and regulations in the environmental legislation, the poor capacity of the local environmental law enforcement staff, the poorly developed institutions of the environmental law enforcement, the local protectionism, the poor environmental awareness of the enterprises. We need to start with improving the environmental legislation, and make efforts in enhancing the environmental law enforcement capacity, better arrangement of its institutions, breaking out the local protectionism, making the government environmentally liable and strengthening the supervision of the polluting industries.

Key words: environmental law enforcement; problems; reasons; countermeasures

杭州市环保系统人才队伍建设初探

曹睿¹, 张慧君²

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

摘要: 阐述了新形势对杭州市环保系统人才队伍建设提出的更高要求, 系统分析了人才发展现状, 从环保人才分类体系出发, 提出了各类环保人才队伍建设的对策建议。

关键词: 环境保护; 人才队伍; 建设; 对策; 杭州

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0008-02

“十二五”期间, 杭州市将努力打造生态型城市, 提高生态文明水平, 强化环境保护与生态文明建设的施政力度^[1]。环保部门逐渐从单一型专业部门向综合型专业部门、“大环保”转变, 为环保人才使用提供了空间, 也对环保人才的素质和能力提出了更高、更新的要求。

1 面临的新形势

(1) 加快经济发展方式转变, 要求加快确立环保人才优先发展的方针。环保系统将高擎生态文明建设的大旗, 作生态文明建设的倡导者、引领者和践行者, 人才是关键要素, 要加快确立人才优先发展的方针, 通过人才资源优先开发、人才结构优先调整、人才投资优先保证、人才制度优先创新引领支撑资源节约型、环境友好型社会建设。

(2) 环境形势日益严峻, 要求加快提升环保人才业务能力水平。杭州环境形势依然严峻, 环境容量极为有限, 污染物排放总量已超过环境承载能力, 长期积累的环境问题不断凸显, 特别是灰霾、重金属、持久性有机污染物、土壤污染、危险废物和机动车尾气等污染防治问题日益显现, 主要污染物减排新增氨氮、氮氧化物两项指标, 这些都给“十二五”环境保护工作带来新挑战和新要求, 亟待提升环保人才环境业务知识水平。

(3) 环境风险压力加大, 要求加快提升环保人才管理水平。“十二五”期间, 环境风险压力继续加大, 环境安全事故、环境违法行为易发高发, 构成了对民生的直接威胁, 妥善处理各类环境公共事件将是创新社会管理中最重要课题之一。这对环境保护工作提出了更高的要求, 急需建立一支环

境应急队伍和提升环保人才社会管理能力。

(4) 统筹城乡区域发展, 要求加快推进城乡环保人才资源开发一体化。环保基层能力建设薄弱, 机构数量偏少、人员不多, 许多重点乡镇尚未建立环保所, 基层执法队伍与工作任务还有较大差距, 环境监察大队人员数量较为不足。须构建以城带乡的长效机制, 探索建立城乡环保人才资源开发一体化政策, 促进城乡之间环保人才资源的合理配置和有序流动, 为统筹城乡区域发展提供坚实的环保人才支撑。

2 人才队伍现状与分析

(1) 人才总量缓慢增加, 但与经济社会发展仍不相适应。杭州市级环保系统实有 400 人, 其中, 行政人员实有 136 人, 监察队伍实有 50 人, 监测队伍实有 129 人, 科研队伍实有 39 人, 宣教队伍实有 13 人, 信息队伍实有 10 人, 其他事业单位 23 人。环境科研人才、党政管理人才、监察执法人才和监测人才明显不足, 这与杭州市作为经济大市、国家环保模范城市、国家级生态市创建和生态文明试点市建设的地位和作用极不相称。

(2) 人才学历层次得到了明显提高, 但专业结构配置不够合理。杭州市级环保系统具有大专以上学历的人员为 370 人, 其中: 博士 4 人, 占市级人员总数的 1%; 硕士 85 人, 占 21.3%; 本科 219 人, 占 54.8%; 专科 62 人, 占 15.5%。环保类占 50%, 行政管理类占 18%, 法律类占 8%, 其他专业类占 24%。环保高层次专业技术人才、环境管理人才、新闻类、社会管理类、中文类等专业人才相对匮乏。

(3) 人才队伍职称结构日趋合理, 但高层次专业技术人才不足。杭州市级环保系统具有高、中、初级技术职称的共有 131 人, 人数分别为 48、

收稿日期: 2011-12-26

作者简介: 曹睿, 杭州市环境保护科学研究院工作, 主要从事环境规划与政策研究。

57、56人。全市环保系统缺乏省内一流、国内知名的环境学科学术、技术带头人，复合型、创新型人才尤其是中青年科技骨干十分短缺，高级职称人员在专业技术人才队伍中所占比例为15%，博士、硕士人才占大专以上学历人员队伍的比例为13%，基层人才专业素质普遍较低。

3 对策建议

围绕杭州市环境保护与生态文明建设工作需要，从环保人才分类体系出发，以高层次人才为引领，统筹推进党政人才、专业技术人才和环境应急人才队伍建设，并重点突出环保紧缺专业人员和基层环保人才队伍建设。

(1) 党政人才队伍建设。党政机关管理人才要按照加强党的执政能力建设和先进性建设的要求，以政治理论、管理知识和执政能力建设为核心，着力提升社会管理水平；环境监察执法人才要按照建立完备的环境执法监督体系的要求，规范环境监察执法人员岗位培训，提高监察执法人员业务水平和依法行政能力；环境监督管理人才要逐渐满足固体废物、机动车尾气、持久性有机物、重金属、辐射污染等新凸显的环境问题的监管需求。

(2) 专业技术人才队伍建设。环境科研人才要以提高专业水平和创新能力为核心，重点培养造就环境科研领军人才，加大环境科研人才平台建设，多渠道培养中青年科研人才；环境监测人才要按照建立先进的环境监测预警和完备的应急监测体系的要求，优化环境监测人才体系，培养环境监测领域的高层次人才和技术骨干，注重环境监测实用人才队伍建设；环境信息与宣教人才要以打造“数字环保”的目标和巩固提高环境宣教在环保工作全局中的先导性、基础性地位要求，开展专业技

术培训和环境信息与宣教技术交流活动，强化计算机、信息、新闻等相关专业技术人才的引进。

(3) 环境应急人才队伍建设。建立专职环境应急机构，以环境应急管理机构人员为基础，按照“兼职为主、专职为辅”原则，抽调人员应主要来自环保局、监察支队、监测站等一线熟悉业务部门，加强应急监测、事故环境评估和应急处置能力的培训，建立覆盖多个环保相关专业领域的环境应急专家库。

(4) 紧缺专业人才队伍建设。加强紧缺人才需求预测，重点加强对环境规划与政策咨询、低碳技术、大气灰霾、辐射安全、新型污染防治、垃圾处理与资源化、土壤污染防治、生态环境监测预警、农业环境保护、生物多样性保护、环境与健康等紧缺专业人员的引进和培养。

(5) 基层环保人才队伍建设。按照“延伸环保触角，推进监管网格化”的要求，通过增加人员数量，实行派出机构监管，实施环保监督员、协管员制度等多种形式，增加基层环保人才数量；加强基层环保人才培训，建立健全基层使用环保技术人才培训体系。

4 结语

人才是科学发展的第一资源，同样也是生态文明建设和环境保护的第一资源和决定性因素，统筹推进各类环保人才队伍建设，努力建设一支数量充足、素质优良、结构合理、充满创新活力的环保人才队伍，才能为杭州市环境保护事业的发展提供强有力的人力资源保障。

参考文献：

- [1] 吕月珍, 孔朝阳. 杭州市生态城市建设实践与思考 [J]. 中国城市经济, 2010, (8): 311.

A Study on Capacity Building of the Environmental Protection Staff in Hangzhou Municipality

CAO Rui¹, ZHANG Hui-jun²

(1. Hangzhou Academy of Environmental Sciences, Hangzhou Zhejiang 310014 China)

Abstract: This paper discusses the higher requirements for the environmental protection staff in Hangzhou Municipality under the present situation and gives a systematic analysis of the current human resources development. Some recommendations have been made on how to build up the staff capacity based on the classification of the human resources in environmental protection.

Key words: environmental protection; human resources; capacity building; countermeasures; Hangzhou

农村环境保护问题与对策初探

刘 峰

(睢宁县环境保护局, 江苏 睢宁 221200)

摘 要:通过对农村环境现状的全面分析,指出了我国农村环境保护问题产生的原因,并针对原因,提出了相应的对策和保障措施。

关键词:农村;环境保护;问题;对策

中图分类号:X32 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2012)03-0010-03

环境是人类生存和发展的基本条件,也是关系民生的大问题。我国是农业大国,农村环境保护在建设生态文明进程中占有极其重要地位。近年来,国家、省、市、县各级部门采取了一系列措施,使农村环境得到了有效改善。但由于我国农村环保欠账多、底子薄、地方领导重视不够等多种原因,农村生态环境进一步恶化的趋势尚未得到有效遏制,村前村后垃圾成堆、河流汪塘污浊不堪等农村环境污染问题凸显。

1 农村环境现状

1.1 河水污染严重

小工厂作坊的污水、人们的生活垃圾、化粪池没有处理的粪便直接排放到河内;农田的化肥、农药使用过量,随着雨水直接进入河道;生活垃圾、农药使用后的垃圾随处丢弃,随风一飘,全部成了河面上的漂浮物……。河水、汪塘已是污浊不堪,成了露天垃圾场。

1.2 垃圾乱堆乱放

农民生活水平提高了,生活垃圾多了。上街购物不再使用竹篮,图方便,都用方便袋,用后随手丢弃。不穿的衣服、不用的东西、秸秆、树棍乱堆乱放,特别是公路旁、田头、河道两侧,到处是生活垃圾。除了常见的生活垃圾外,塑料垃圾、建筑垃圾、电子垃圾等明显增加。

1.3 农业秸秆等废弃物处理不当

我国每年产出秸秆 6.5 亿多 t,综合利用水平不高,剩余秸秆被随意焚烧,既污染了空气,又存在安全隐患。焚烧秸秆烧死人、焚烧秸秆时散发的烟雾制造车祸的新闻已屡见不鲜。随处堆放的秸秆

经过风吹日晒,渐渐成了垃圾,有的干脆把秸秆推进河里,既污染了水源,又造成流水不畅,有时水利灌排都成了问题。

1.4 养殖污染严重

家禽、家畜饲养零散,没有形成规模,产生粪便没有及时有效地处理,影响了环境卫生;有的地方虽然实行了集约化畜禽养殖,但由于规模和布局不合理,加之区域环境容量小,产生的畜禽粪便和养殖废水无组织排放对环境造成很大的污染。另外肥水网箱等也造成水质下降。

1.5 乡镇工业企业污染严重

随着城市环境管理水平的提高,有污染的企业逐渐向农村转移,乡镇企业异军突起,已成为农村经济不可替代的力量。然而,乡镇企业的快速发展也给农村生态环境带来了很大的压力,成为农村社会的最大污染源。许多乡镇企业没有很好的污染防治措施,没有防治污染的技术能力和资金保障,而且,大部分乡镇企业与农田、农村居民点交织在一起,更容易造成直接污染。

2 农村环境问题的成因

第一次全国污染源普查结果表明,农业污染源排放的化学需氧量占总排放量的 43.7%,而农业污染源排放的总氮、总磷则高达总排放量的 57.2% 和 67.4%。因此,农村环境污染防治的必要性、紧迫性不言而喻。农村环境问题存在的主要原因:

(1) 农民自身素质问题。农民缺乏一定的环保意识,造成垃圾乱扔乱放、秸秆乱焚。外出购物时不带手提袋,治虫后盛放农药的塑料瓶、塑料袋不收集起来,生活垃圾不送进垃圾箱,秸秆不收集起来送到收草场或者处理后作有机肥或沼气,不能做到把粪便处理后作有机肥或沼气等。

收稿日期:2011-08-25

作者简介:刘峰(1976-),男,江苏睢宁人,大学学历,工程师,主要从事环境管理、自然保护和生态建设工作。

(2) 农业生产问题。农民为追求高产农业,片面追求经济收益,都选择化肥和农药。化肥和农药的过量使用导致氮、磷进入水体,造成富营养化。据统计,我国化肥年使用量多达4124t,按播种面积计算,达 $400\text{kg}/\text{hm}^2$,远远超过发达国家为防止化肥对水体造成污染而设置的 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 的安全上限。30%~40%的农药被农作物吸收,大部分多余的药液进入水体、土壤及农产品中,造成部分农药残留偏高,有毒有害物质超标严重,食用农产品卫生安全令人堪忧。目前,兽药、添加剂等人工合成化学物在农业上的大量使用,也成为环境污染的重要因素。

(3) 体制不健全,措施不到位。农村环境问题比较突出,但目前管理体制不健全。主要是思想认识不到位,普遍认为应以发展经济为主、环境保护为辅;其次,虽然建立了一系列的环保措施,但配套设施没有到位,影响了环境整治进程。例如农民把秸秆收集起来,但没有建沼气池,或没有草场收购,秸秆还是乱堆乱放,时间长了,成了垃圾。农民为了追求现代化生活,有毒或难消解的生活垃圾也大量产生,但缺乏相应的处理设施。

(4) 村镇建设起点低,缺少科学规划,即便有规划也都不注重眼前与长远、局部与全面、经济功能与社会生态功能的有机结合,致使空心村、镇大量存在,不利于集约用地和环境管理。

(5) 存在缺乏统一规划和组织领导、农村环保机构普遍缺乏、环保经费严重短缺等问题。我国绝大部分乡镇未设专门的环保机构,环境保护、环保规划、环境宣传也就无从谈起。

(6) 对农村环境治理的投资严重不足,环境基础设施不健全。

(7) 农村产业结构单一,面源污染严重等也是影响农村生态环境的重要因素。

3 解决农村环境问题的措施

3.1 编制农村环境综合整治规划

要成立农村环境现状调查领导小组,通过对当地农民饮水安全、生活垃圾和污水、畜禽养殖污染等农村环境现状进行全面调查,因地制宜地组织编制农村环境综合整治规划,为确保农村环境综合整治工程的顺利开展提供科学依据。

3.2 多管齐下,综合整治

(1) 开展农村工业点源污染防治。要按照执行生态环境功能区规划的要求,严把建设项目环境准入关,有效减少农村地区污染物排放总量;严格

执行国家产业政策和环保标准,防止“十五小”和“新五小”等企业死灰复燃;深入开展“打击违法排污企业,保障群众身心健康”专项行动,加大对农村地区工业污染整治力度,对突出的环境问题实行重点监管、挂牌督办、限期整治、动态管理;建立和完善工业废物特别是农村中小企业生产的工业废物、危险废物、医疗废物的收集、运输、处理体系,防止对农村环境造成污染。

(2) 治理村镇生活污水、生活垃圾及河道。以创建生态村、镇为抓手,不断推广新技术、新方法,加强治理项目的技术指导,提升农村生活污水治理水平,提高污水处理覆盖面和处置率,根本改变农村污水乱倒乱排现象。大力推动城乡一体化垃圾收集机制建设,做到定点堆放统一收集,加快农村环保基础设施建设,积极探索因地制宜、科学利用的垃圾处置模式,使农村面貌不断改善,环境不断优化。大力推广建设生态河道的理念,抓好小流域治理、农村清水河道建设,在河塘、沟渠整治中,尽量减少对生态系统的破坏,提高水体自净能力。

(3) 加强农村畜禽养殖业的管理和治理。加强调研,会同相关部门对规模化畜禽养殖业的发展提出意见,逐步改变现有养殖业散、小、乱的状况;科学划定畜禽饲养区域,探索实行排污申报登记和排污许可制度,以扶优扶强规范规模化养殖企业为目标,加强现有规模化畜禽养殖场的规范清理,大力发展“一池三改”工程(沼气池、改厨、改圈、改厕),通过建设沼气池、生产有机肥和实施畜禽粪便还田等综合利用方式,实现养殖废弃物的减量化、资源化、无害化。对污染物未能达标排放的规模化养殖场要限期整改或关闭。

(4) 开展土壤污染防治。会同农业等部门大力实施农药减量控害增效项目和农作物测土配方施肥示范与推广,加大宣传,引导科学施肥、合理用药,推广病虫草害综合防治、生物防治等技术,科学合理处置农膜、秸秆等,减少农业面源污染。

(5) 加强农村饮用水源地保护及整治力度。根据不同供水方式采取不同的饮用水水源保护措施,建立集中式饮用水水源保护区,制订饮用水水源保护区应急预案,坚决依法取缔保护区内的排污口,重点抓好农村饮用水水源的环境保护和水质监测与管理,保障农村生活饮水安全。

(6) 重点突破,示范先行。结合当地的实际情况,集中财力,按照“示范带动、逐步推开,

重点突破、整体推进”的工作思路，先建立一批环境优美示范村（社区），然后逐步推广整治模式。

3.3 实施生态产业工程，发展农业循环经济

以绿色、有机食品基地、无公害农产品基地建设为重点，推动生态农业建设，规范发展农家乐、乡村游、生态游，为农民增收拓宽渠道。要充分考虑农村区域和农业生产特点，倡导多用生态防治。从源头控制化肥农药使用量，加大节水农业和滴灌建设投入，促进农业循环发展。

3.4 加大农村环境保护知识的宣传教育力度

积极开展农村环境保护知识的宣传活动，针对农民文化知识水平普遍较低的情况，可采用一些农民喜闻乐见的形式和素材，如科教片、宣传挂图等。利用村规民约来制定相应的农村环境防治处罚措施，真正使得每一个村民都自觉履行和监督农村环境保护工作，切实营造人人爱护农村环境、支持农村环境建设的良好氛围。同时加大农村中小学开展环境保护知识的教育力度，将环境保护知识真正渗透到课堂之中，从我做起，从小做起，并积极做好绿色学校的创建工作，使得学生能够在优美的学校环境下生活和学习。

4 保障体系

(1) 组织领导保障。农村环境保护是一项庞大的系统工程，是环境保护基本国策在建设社会主义新农村中的具体体现。工作涉及的部门多、范围广，为扎实推进农村环境保护工作，应加强组织领导，成立以政府主要领导为组长，农办、环保、发改、财政、农业、建设、卫生、水利、国土、林业、科技等有关部门为成员单位的工作领导小组，协同作战，形成合力，为实施农村环境保护工作提供组织保障。同时，要进一步建立健全“市级指

导、县区协调、乡镇负责、村组实施”的工作机制和横向到底、纵向到边的目标责任考核体系，强化县（市、区）的工作责任，进一步明确各部門单位职责，一级抓一级，层层抓落实。

(2) 执法监管保障。要加快环保监管机构向农村延伸的步伐，在工业园区和中心乡镇建立环保派出机构，配备专职工作人员，在广大农村成立环保协管员队伍，抓紧建立城乡一体、运转高效的农村环境监督管理体系。要强化农村环保执法检查和监督管理，依法严肃查处各种环境违法行为和生态破坏现象，对不符合国家产业政策和环保要求、污染严重的企业，该关闭的坚决予以关闭，并适时组织开展专项整治活动，解决突出的农村环境违法问题。

(3) 经费投入保障。各级政府要切实增加农村生态环境保护与建设的投入，建立农村环境保护专项资金，支持重点建设工程，并将农村环境保护专项资金列入财政预算。财政对农村生态环境保护与建设的投入占财政总支出的比例，以及农村生态环境保护与建设的投入占财政支出的比例要逐年增长，并把这一政策列入各级政府年度考核目标任务，积极引导社会各方资金投入农村环境保护工作，为有效推动农村环保工作奠定资金基础。

农村环境保护是一项长期、艰巨、复杂的工作，非一朝一夕就可以看到成效。因此，农村环保工作既要解决当前的突出问题，更要探索新路，建立长效机制，为农村的长远发展奠定基础。各地各级政府要高度重视农村环保工作，学习借鉴成功经验，并积极探索适合当地特点的农村环保道路，切实维护群众的环境权益，改善农村环境，提高农民的生活质量。

A Preliminary Study on Issues and Countermeasures in Rural Environmental Protection

LIU Feng

(Suining County Environmental Protection Bureau, Suining Jiangsu 221200 China)

Abstract: After an overall analysis of the current environmental situation of the rural China, the author identifies the causes of environmental protection problems in the rural area, and proposes the corresponding countermeasures and guarantee measures.

Key words: rural area; environmental protection; problems; countermeasures

浅谈国家生态县创建中的能力建设及保障措施

杨 飞

(沛县环保局, 江苏 沛县 221600)

摘 要: 对在国家生态县创建活动中如何提升监测能力建设和加强政策支持等保障措施进行论述, 以期对各地生态县创建工作提供一定的借鉴作用。

关键词: 生态县; 创建; 能力建设; 保障措施

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0013-03

党的十七大工作报告中首次提到要建设“生态文明”, 并指出“生态文明”是我党执政兴国理念的新发展, 是党的科学发展、和谐发展执政理念的一次升华, 是为广大人民群众谋福祉理念的重要体现。在国务院《全国生态环境保护纲要》指导下和国家环保部的引领下, 各地创建生态文明县热情近来持续高涨。本文对在生态县创建活动中如何提升监测能力建设和加强保障措施进行论述, 以期对各地生态县创建工作提供借鉴。

1 能力建设

1.1 监测能力建设

抓住生态县建设的机遇, 加快环境监测能力建设, 保证对各类重要环境要素、饮用水源各项目以及工业污染源各特征因子进行监测的基础上, 逐步开展生物、生态监测。在保证例行监测断面按期监测外, 在重点断面附近加强巡测能力, 配置巡测车辆、仪器, 每周监测 1 次, 抓污染找漏洞。

1.2 管理能力建设

健全创建机构, 加快环境保护队伍建设, 成立专门创建机构如生态办负责生态创建工作, 提高环境管理的规范化和现代化水平, 保证环保工作实现统一立法、统一规划、统一监督管理。

1.3 执法能力建设

加快环境监督执法能力建设, 提高环境监督执法装备水平, 重点提高现场执法能力和应对突发性污染事件的能力。建立和完善行政执法责任制, 全面清理整顿违法排污企业, 从严处罚环境违法的有关责任人。加强对重点排污企业的监管, 完善监督管理体制和机制, 加强联合执法。建设重点污染源

在线监测系统, 确保重点污染源自动在线监控率达 100%, 对重点污染源进行动态监控。对各类污染事故的管理, 采用集中接收、分级处理的业务处理模式。

1.4 宣传能力建设

加强宣传机构和队伍建设, 各部门和各镇在现有的宣教机构设置的基础上, 配备生态宣传教育分支机构, 增加生态宣教投入。文化部门抓住典型事迹, 利用广播、电视、报纸等媒体, 采用人们喜闻乐见的形式, 如编排反映生态保护的短剧等, 着力开展生态保护的宣传教育活动; 广电部门增设生态保护方面的广播电视栏目和节目; 组织有关生态保护的系列报道, 编写反映生态保护知识的中、小学读本和生态县建设居民手册; 教育部门开展创建绿色小学、中学及绿色社区活动。在基层镇水平上, 安排专人负责生态保护的宣传工作, 加强对广大农民群众的普及宣传, 提高农民对生态环境知识的关注力和知晓率。加强宣传设施建设, 扶持生态保护的宣教事业, 普及企业生态建设知识, 加强对青少年的宣传教育, 以及对公众的宣传教育。

2 保障体系建设

2.1 政策保障

制定积极、完善的引导政策和相关考核验收标准, 强化政策引导。把生态县建设任务纳入党政一把手目标责任制, 并将任务的完成情况作为评价各级领导干部政绩的重要内容。将生态县建设年度主要任务分解到单位和个人, 实行党政一把手亲自抓、负总责, 一级抓一级, 层层抓落实。以行之有效的引导性政策统领生态县建设工作。

2.1.1 建立高效的环境监督管理体制

加强法制宣传, 强化执法检查 and 监督管理, 依法严肃查处各种环境违法行为和生态破坏行为, 对

收稿日期: 2012-01-05

作者简介: 杨飞 (1975-), 男, 汉族, 江苏沛县人, 本科, 工程师, 江苏沛县环保局从事环境管理工作。

不符合国家产业政策和环境要求、污染严重的企业，该关闭的坚决予以关闭，并适时组织开展专项整治活动，解决突出的环境问题。加强环境执法队伍建设，提高监督管理能力，推动生态县建设走上法治化轨道。

2.1.2 建立以生态环保为导向的经济政策

运用产业政策引导社会生产力要素向有利于生态县建设的方向流动；定期公布鼓励发展的生态产业、环境保护和生态建设优先项目目录，对优先发展项目在现有优惠政策的基础上提供更加优惠的政策；凡对生态环境有不良影响的建设项目和生产企业，要取消其享受的现有优惠政策。

2.1.3 运用消费政策引导社会消费倾向

对影响生态环境的商品，限制其销售；对水资源的消费，提高地表水使用价格，鼓励企业使用中水，提高尾水资源化利用率；对需要回收、集中处理和再利用的商品，实行“押金-退款制度”，通过经济办法减少环境污染类商品的消费数量。

2.2 机制保障

将生态县创建任务纳入县委县政府对各镇科学发展综合考核中，提高考核指标权重。制定出台生态县创建工作奖惩办法、生态县创建专项督查督办制度，组织有关部门进行考评，并发布考核通报，明确对如期完成生态创建任务的镇党委政府的主要领导予以资金奖励，对于在创建过程中表现突出、贡献较大的优秀干部优先提拔使用，对于行动迟缓、工作不利、未完成任务的给予通报并追究责任。

2.3 组织保障

成立国家生态县创建领导小组，加强对生态县建设的领导，对重大事项进行统一部署，综合决策，协调各部门、各镇间的行动。加强镇级环保机构的建设，环境保护工作纳入镇党委、政府领导班子实绩考核内容，并建立相应的考核机制。镇政府和有关部门要成立相应的领导协调机构，形成县、镇、村（社区）分级管理，部门相互协调，上下联动，良性互动的推进机制。各镇、村有关部门要设立各自创建机构，确定专人负责落实国家生态县创建工作，形成全县创建工作网络，按照上下联动、横向协同、条块结合、以块为主的原则，统一实施创建规划、有序推进创建工作、逐步完成各项任务。

2.4 资金保障

2.4.1 加大各级财政投入

县财政要加大生态县建设重点项目资金投入，

保障各项创建工作经费及时到位。各镇要设立配套资金，有关部门要积极争取国家和省、市资金支持，并动员社会各界为生态县建设提供财力、人力和技术支持。统筹安排建设项目，规范资金管理和使用，集中投入重点项目建设，确保资金发挥应有效益。

2.4.2 引导和鼓励社会各界投资

制定和完善各种经济优惠政策，积极引导和鼓励企业和民众将资金投入生态县建设中。充分吸纳社会资金，重点推进城镇污水处理厂及其配套管网建设。对于部分有条件的工业镇，借助于大中型企业，采取政府、企业、社会多元投资的方式，尽快完善环境基础设施。

2.5 科技保障

循环经济的建立离不开先进适用的科学技术作为支撑和推动力。技术政策主要应着眼于国家产业政策要求，引导资金的技术流向和资源综合利用的发展方向，指导相关技术的传播应用，加大对工业企业技改投入力度和争取上级政府政策扶持力度，贯彻实施国家制定的技术政策和技术实施标准。加大对企业技术改造的扶持力度。通过努力争取国家、省和市对重点行业、重点企业、重点产品的技术改造以及高新技术产业化的信贷、财政、奖励等支持，促进生产要素的集中配置和规模化。加强资源综合利用技术转让与转化服务技术政策。发挥政府的行政指导和行政服务职能，促进资源综合利用技术得以合理转化及运用。落实国家资源综合利用技术淘汰、技术标准与技术激励政策。根据国家有关法规要求，对高消耗、高污染、低效益的企业和产品，区别不同情况实行关、停、并、转、改；严格限制技术水平低、污染严重的建设项目，强制淘汰一批消耗大、污染严重的落后工艺和设备。搞好结构调整的宏观指导和协调，加强技改调研，做好项目储备和信息指导。

2.6 宣传保障

加大宣传力度，广泛发动，全民参与。在开展创建生态县的同时，广泛开展生态镇、生态村、绿色社区、绿色宾馆等丰富多彩的创建活动，各种创建活动要以创建生态县为核心，为生态县建设做贡献。将生态县建设纳入党校和行政学校培训内容，提高广大干部的领导水平。充分发挥工会、共青团、妇联等群众团体联系群众的纽带作用。动员广大人民群众积极参与到生态县建设工作中来。充分利用广播、电视、报刊、网站等新闻媒体，广泛开

展多层次、多形式的生态县建设的舆论宣传和科普宣传,进行全社会的生态环境教育,及时表扬先进典型,批评、处罚破坏生态环境的行为,形成“举全县之力,集全民之智”共创国家生态县的良好社会氛围。

3 结论

坚持“生态立县”,有利于加快经济结构调整和转变经济增长方式,实现资源永续利用;有利于促进人们转变生产生活方式和消费观念,增强生态保护意识;有利于优化人居环境和确保食品安全,

改善人民生产生活条件。生态县建设是一项系统、繁杂的综合工程,只有提升创建能力及加强创建保障措施,才能顺利完成生态县创建工作。

参考文献:

- [1] 张金桐,刘雪梅.生态文明建设应进一步强化全民意识生产力研究[J].生产力研究,2006,(7).
- [2] 胡锦涛.高举中国特色社会主义伟大旗帜为夺取全面建设小康社会新胜利而奋斗—在中国共产党第十七次全国代表大会上的报告[M].北京:人民出版社,2007.

A Preliminary Discussion about Capacity Building and Safeguard Measures in Building Ecologically Friendly County

YANG Fei

(Peixian County Environmental Protection Bureau, Peixian Jiangsu 221600 China)

Abstract: This paper discusses how to improve the monitoring capacity in building the ecologically friendly county and how to enhance the policy support for safeguard measures. It is expected to provide a certain reference for such work in other places.

Key words: ecologically friendly county; building; capacity building; safeguard measures

积极探索生态创建之路 力促区域环境、经济“双赢”

王 嵩

(沈阳市环境保护局, 辽宁 沈阳 110011)

摘 要:从生态区建设的角度, 结合沈阳市和平区生态区创建工作实际, 就生态区创建的意义、区域生态现状评价及生态区创建过程中产生的问题, 提出对策。

关键词:生态区域; 创建; 分析; 对策

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0016-03

环境与发展, 是当今社会普遍关注的两大课题。如何“发展”才能实现经济的高增长、自然资源的低消耗和环境的低污染, 如何“发展”才能实现生活富裕、生产发展与生态优美, 成为摆在各级领导面前、必须思考的问题之一, 成为中国乃至世界关注的焦点。树立新的生态意识, 寻求新的发展战略, 走生态化之路成为发展的大趋势。“坚持以人为本, 树立全面协调、可持续发展观, 促进经济社会和人的全面发展”观点的提出, 标志着中国共产党在发展观上与时俱进的重大变革。

1 认识生态区创建的重大意义, 是正确定位生态发展的关键

创建生态城区, 就是要紧紧围绕发展这个执政兴国的第一要务, 正确处理经济社会发展与自然环境的关系, 用循环经济的理念指导和规范区域的经济社会活动, 坚持走可持续发展的道路^[1], 在更高层次上进行产业结构和经济结构调整, 创新新的发展机制, 寻找新的发展动力, 拓展新的发展空间^[2], 培育新的发展环境, 以最小的资源环境代价谋求经济、社会最大限度的发展, 以最小的社会、经济成本保护资源和环境, 创造一流的生态环境和生活质量, 确保经济社会可持续发展^[3]。

当前, 生态建设已经成为一个国家和地区综合竞争力的重要组成部分。保护和改善环境, 不仅是保护和发展生产力, 也是人类文明进步的重要标志, 关系着人民群众长远的根本的利益^[4]。党的十六大把可持续发展能力不断增强作为全面建设小康社会的奋斗目标之一, 并明确提出了“必须把

可持续发展放在十分突出的地位”^[5]。十六届三中全会进一步强调“坚持统筹兼顾, 坚持以人为本, 树立全面、协调、可持续发展的科学发展观, 促进经济社会和人的全面发展”^[6]。创建生态城区, 就是贯彻落实“三个代表”重要思想、党的十六大精神, 促进三个文明建设的具体体现。从生态城区的形象效应与品牌效应的角度来看, 创建生态城区可以说是一个城市、一个城区争创品牌、提升形象、扩大区域对外开放知名度的重要手段; 也是充分发挥区域资源优势、生态优势, 促进经济结构优化调整^[7], 提高综合实力和国际竞争力, 实施新型经济发展模式的重大战略举措。反之, 如果一个地方生态环境恶化, 水体污染, 空气污浊, 不仅会使投资者望而生畏, 而且本地资金也会择境而走。由此看来, 创建生态城区工作是提高生态环境质量, 提高人民群众生活水平和生活质量的重要标志, 是全面建设小康社会的重要内容, 是促进区域经济与生态环境协调发展^[8], 造福子孙后代的德政工程。因此, 开展生态城区创建工作是我们的发展出路, 是我们永立不败之地的必经之路, 是我们实现区域经济大发展、快发展最明智的选择。

2 正确评价区域生态现状, 是切准生态区创建脉搏的先决条件

俗话说“知己知彼, 方能百战不殆”。为保证生态城区创建工作的顺利进行, 从整体上保护和提升城市生态环境, 必须在认清国家、省、市发展形势的基础上, 立足于区域生态环境的现实状况, 正确把握区位优势、经济优势和人才优势, 客观评价创建生态区工作的制约因素, 进而准确把握生态区建设的突破口, 探索生态区创建工作的科学方法, 正确处理好全面与局部、长远与当前的关系, 统筹

收稿日期: 2011-12-08

作者简介: 王嵩, 女, 汉族, 沈阳市环境保护局工程师, 主要从事环境监察执法工作。

规划,分步实施,扎实推进,达到人与自然和谐发展的目的。

认清创建生态区的优势,是确立生态区创建目标的动力。以沈阳市和平区为例,从和平区的地理位置来看,该区不仅具有交通便利的特点,而且拥有“五大经济区”、“三条专业街”、“两个特色点位”、“浑河特色产业带”等吸纳各类企业发展的平台和扩大区域经济容量的能力。另外,和平区还具有重视环境保护工作,采取先进的管理模式、实施先进的管理机制、取得丰硕成果的良好基础,区位和生态区基础性工作优势十分明显。因此,要深刻认识建设生态区的重大战略意义,把全区的思想统一到生态区创建工作上来,力争率先在全市市内五区实现生态区创建目标。

正视创建生态区的差距和不足,是创建生态区的重要一环。和平区是沈阳市的老城区,城市布局不尽合理,人居环境与第三产业混杂的现象十分严重,辖区内水系污染、大气低空面源污染、声环境污染、长白地区环境基础设施薄弱等问题,成为生态区创建的重要制约因素。另外,造成环境污染的还有城区生活垃圾、工业废水、生活废水处理问题。从目前和平区的生态环境状况来看,生态环境建设和经济社会发展的矛盾还比较突出,环境污染问题还相当严重,生态环境还十分脆弱;资源浪费与局部环境污染问题较为突出,粗放型经济增长方式仍未根本转变,产业结构单一,综合利用率不高;重开发轻保护、重建设轻管理的思想仍然存在;全社会生态环境意识有待进一步提高,只顾眼前效益、忽视长远发展的现象还不同程度地存在。如此看来,创建生态区工作任重道远,如果不能正视差距,就无法拿出对策予以解决,那么生态区目标也将遥遥难及。

3 应对生态城区创建工作的对策性思索

3.1 加强组织领导,明确落实责任

生态区创建,领导是关键。为了切实保证生态区创建工作落实到位,加强组织领导是保障生态区建设实施、不断推动区域生态建设按步骤进行的关键。为此,我们要把生态区建设当做区域社会经济发展的总抓手,应定位成各部门、各单位的“一把手”工程,区委、区政府不仅要成立以区委书记、区长任组长,区委、人大、政府、政协分管领导为副组长,相关职能部门主要负责人为成员的生态区建设工作领导小组,同时,还应该专门设立生态区建设领导小组办公室,由分管副区长任生态办

主任,环保局长任常务副主任,区委办、区政府办分管副主任为副主任,还要配备一名专职生态办副主任。各街道、相关机关部门也要成立相应的工作领导小组,由各街道党委书记和部门一把手任组长。各街道都要设立生态办,由组织部门下文明确,街道分管副书记或分管副主任担任生态办主任。每个街道还要确定1至2名专职生态干部。各创建社区也都要建立相应的工作小组,由社区党支部书记任工作小组组长,从而形成一个区、部门(街道)、社区分级管理,部门相互配合,上下联动的创建工作网络。为确保工作落实,建议生态区创建工作要由区委全委会作出决定,区人大作出决议,从而以法定形式固定下来,使生态区创建工作不因区领导的变动而受影响。区政府每年都要与街道、部门签订生态创建工作责任书,下达具体的创建任务,并明确责任人和联络员。年终进行考核,与干部的奖惩挂钩,以确保责任落实到位。

3.2 生态区创建规划是龙头

纵观生态建设较为先进的地区,都有着一个好的规划,结合当地实际都有着一整套完整的实施细则。规划和实施细则是生态建设的纲,只有科学规划,才能使区域各种资源得到合理利用,建设过程中才能少走弯路,起到事半功倍的效果。因此,和平区创建生态城区,同样也应该编制科学、合理,适合本区域生态发展的规划。制定规划不能平空想象,应多加考察,多听取专家意见。安徽省明溪县在生态县建设前,从复旦大学聘请专家对该县进行了实地考察,最终拿出了一套符合实际的方案,令该县生态建设飞速发展^[9],这一方法值得借鉴,特别是和平区这样一个老城区,环境较为复杂,制定规划难度要大得多,更有必要请教专家,也有必要到生态建设较好的地区去学习。一旦创建工作有了规划,应确保资金的投入,应视它为造福子孙后代的区域重大发展战略项目。

3.3 夯实工作基础,抓住重点难点搞突破

创建生态区,要把生态街道、生态社区的建设作为基础工作、细胞工程,从社区开始抓起,以点带面,层层铺开。

3.3.1 从营造氛围入手

生态区创建工作,最主要的应该是生态意识和氛围。只有创建一个人人讲生态,人人自觉维护生态、保护环境的良好氛围,生态创建工作才不会是一道难题。要把切入点放在组织民众、动员百姓广泛参与上。为此,在创建生态城区的启动初期,要充分

利用媒体、路边广告牌,采取多种形式层层统一思想,广泛宣传发动,在全区上下营造“人人参与生态建设、人人保护生态”的良好氛围,切实使生态区创建工作成为全区人民的自觉行动。

3.3.2 从污染防治起步

这是创建生态城区迫切需要解决的首要任务。不仅要在控制企业污染上下功夫,而且要推动企业走一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源充分发挥作用的新型的工作化路子。与此同时,还要从加强城市环境综合整治工作入手,不断加大城区大气污染治理,采取“拆小建大、集中供热”的工程,减轻城区大气污染;采取加强噪声污染防治力度,创造良好的城市人居环境。

3.3.3 从重点工程求突破

这是创建生态城区的硬性指标。把和平区生态区建设现状与国家环保总局《生态县、生态市、生态省建设指标》^[10]对照来看,和平区的生态区创建,将要围绕着生态廊道、生态产业、自然资源与生态环境、生态人居、生态文体“五大体系”开展,需要完成20项重点建设项目、30个重点工程。这些重点工程是生态区创建的重中之重,也是事关生态区指标的重要组成因子。为此,政府各相关部门、相关单位要把自己所承担的重点工程有步骤、有层级地抓好、落实好。

3.4 加强考核检查,创新机制

生态区创建工作,需要全社会共同参与和努力^[11]。为此,区委、区政府要把生态区创建纳入到重大事项督查范围,把生态区创建的实绩纳入到评价干部的指标中去。组织、人事、监察、环保等部门要加大责任书的检查考核,对成绩突出的单位和个人给予奖励,对完不成任务的,要追究有关单

位及其负责人的行政责任,切实使生态区创建和环境保护工作由“要我抓”变成为“我要抓”,增强工作的主动性。各级要一年接着一年抓,一任接着一任干,确保生态区创建目标的如期实现。

生态区创建工作,是发展之需、利民之举、长远之计,事关全区发展目标的实现,事关全区人民群众的切身利益。我们一定要从对人民、对历史负责的高度,牢固树立和认真落实科学发展观,聚全民之才、用全区之智、举全区之力,坚定不移地实施可持续发展,努力把和平区推向新的发展阶段,把和平区建设为富裕、和谐、文明的新型城区。

参考文献:

- [1] 郑度. 二十一世纪人地关系研究前瞻 [J]. 地理研究, 2002, 21 (1): 9-12.
- [2] 刘昌明, 王红瑞. 浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系 [J]. 自然资源学报, 2003, 18 (5): 635-643.
- [3] 韩宝平, 孙晓菲, 白向玉, 等. 循环经济理论的国内外实践 [J]. 中国矿业大学学报 (社会科学版), 2003, (1): 58-64.
- [4] 余谋昌. 环境意识与可持续发展 [J]. 世界环境, 1995, (4): 13-16.
- [5] 马军卫. 浅谈国外可持续发展与环境资源立法概况以及对我国的启示与影响 [J]. 山东环境, 2003, (2): 24-25.
- [6] 高尚全. 深化政府改革是贯彻科学发展观的关键 [J]. 中国改革, 2004, (10): 8-13.
- [7] 李长春. 深入学习实践科学发展观推动社会主义文化大发展大繁荣 [J]. 求是, 2008, (22).
- [8] 秦丽杰, 张郁, 许红梅, 等. 土地利用变化的生态环境效应研究—以郭县为例 [J]. 地理科学, 2002, 22 (4): 508-512.
- [9] 黄秋荣. 明溪建设生态县请复旦教授号脉 [N]. 福建日报, 2002-07-16.
- [10] 国家环保总局. 关于印发《生态县、生态市、生态省建设指标 (试行)》的通知 (环发 [2003] 91号) [Z]. 2003.
- [11] 刘源. 以生态示范村为载体大力推进惠州社会主义新农村建设 [J]. 惠州学院学报 (社会科学版), 2007, 27 (1): 5-8.

An Exploration into Building Ecologically Friendly Society for a “Win – Win” of Environment and Economy

WANG Song

(Shenyang Municipal Environmental Protection Bureau, Shenyang Liaoning 110011 China)

Abstract: Based on the practices of building an ecologically friendly district in Heping District of Shenyang, this paper discusses the significance of the work, and puts forward some recommendations for evaluating the current ecological situation of the district, as well as the countermeasures for solving the problems occurring in the work.

Key words: ecologically friendly district; building; analysis; countermeasures

铁岭县工业园区发展与环境保护措施探讨

张明

(铁岭县环境保护监测站, 辽宁 铁岭 112600)

摘要: 参考有关工业园区建设和循环经济的文献, 结合铁岭县实际情况, 提出了铁岭县工业园区发展和环境保护协调发展的有效措施。

关键词: 工业园区; 环境保护; 协调发展; 铁岭

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0019-02

1 铁岭县工业园区发展现状

铁岭县工业园区是沈铁工业走廊的先导区, 处在以沈阳为中心的中部城市群 0.5h 经济圈内, 与沈北新区隔河相望, 距沈阳北站 33km, 距沈阳桃仙国际机场 45km, 距大连港 380km, 距营口港 235km。沈哈高速公路、102 国道、京哈铁路纵贯园区。明显的区位优势为投资者创业发展提供了最有利的条件。

在园区建设过程中, 铁岭县委、政府高度重视产业集群发展, 根据工业园区产业特点和已有的产业优势, 坚持把培育产业集群作为提升园区综合竞争力的重要方面来抓。按照“组团建设、集约发展、体现特色”的原则, 将产业关联度高的上下游项目集中摆放。2009 年工业园区有色金属、装备制造、新型建材、汽车零部件、环保五大产业集群企业发展到 69 家, 实现产值 416 亿元。2009 年初, 县委县政府按照国务院出台的“汽车产业调整和振兴规划”及省市的要求, 结合周边长春、沈阳两大整车集团的快速扩张及辽宁(铁岭)专用车生产基地建设的需要, 审时度势, 在懿路工业园建设了辽宁(铁岭)专用车基地汽车零部件产业园。产业园规划面积 20km², 园区已落户投产企业 13 家。

自 2007 年以来, 铁岭县工业园区共铺黑色油路 44km, 工业园区路网已全部拉开; 铺设排水管网 63.1km、排污管网 27.4km; 铺设硬覆盖 10.3 万 m²; 安装路灯 1460 盏; 建设水厂 1 座, 水源井 6 眼, 日供水能力达到 11000t, 铺设供水管线 66.8km, 工业园区企业全部实现了集中供水; 变电所 3 座, 总容量 24 万 kVA; 架设电网 99.7km; 铺设通讯光缆、宽带、有线电视、燃气管网各

57km, 实现全覆盖; 绿化 46 万 m²。

2 加强工业园区环境保护的措施

2.1 进一步明确工业园区发展的指导思想, 加强环境审批管理

铁岭县人民政府和各级职能部门应进一步明确工业园区发展的指导思想。工业园区的发展, 必须符合社会、经济、环境条件, 符合城市总体规划以及土地利用总体规划; 必须有利于工业企业的集聚, 有利于资源能源的综合利用, 有利于环境综合整治和污染集中控制, 有利于生态环境的保护。防止工业园区的不合理开发造成土地和资源的浪费。园区在引进工业企业前必须明确定位, 各部门要层层把关, 严格审批, 不给园区造成任何不利影响。

2.2 科学规划, 严格执行区域环境影响评价制度

要严格执行区域环境影响评价制度, 各类工业企业在引进园区前必须进行环境影响评价。要通过工业园区及其周围环境现状质量, 环境承载能力和当地经济发展状况等进行科学评估, 为确定工业企业的选址、发展规模、产业结构、工业布局和环境功能区划等提供科学依据, 为搞好园区环境规划及相应基础设施建设, 以及产业导向和污染物排放总量控制提供科学依据。已批准建立的各类工业企业, 未按要求进行环境影响评价的, 要按要求在规定期限内补办环境影响评价。

2.3 加强工业园区产业发展的政策引导

园区在原有产业的基础上, 鼓励和大力发展电子、服装、工艺美术品、包装等无污染或污染小的工业企业, 运用高新技术和先进适用技术加快改造和提升铁岭县工业园区传统优势产业的步伐。园区内引进的项目要体现高科技、无污染的特色。园区要以区域特色为基础, 加快实施产业升级和产业集聚, 努力建立起以优势骨干企业为主体, 布局合

理,分工协作的专业化产业园区。工业园区必须加强对引进项目的严格把关,入园企业必须符合国家和地方的产业政策,引进项目必须采用先进的生产工艺和设备,大力倡导清洁生产,不得采取国家或地方明令禁止、淘汰、限制的落后生产工艺和设备。

2.4 加强园区基础设施建设,推行污染物集中控制

工业园区要加强完善内部基础设施建设,根据园区建设的总体规划要求,进一步抓好道路、绿化、给排水、电力、通讯、供汽供热、污染物集中控制等公建配套基础设施建设,充分实现公建资源共享,为入园企业创造良好的条件,人民政府和各职能部门要大力支持园区外部基础设施的配套,对基本具备条件的工业企业要给予积极支持。

2.5 强化园区环境管理,努力创建现代化新型工业园区

生态工业园区是依据循环经济理论和工业生态学原理而设计成的一种新型工业组织形态,是生态工业的聚集场所。生态工业园区遵从循环经济的减量化、再使用、再循环原则,其目的是尽量减少区域废物产生,将园区内一个工厂或企业产生的副

产品作为另一个工厂或企业的投入或原料,通过废物交换、循环利用、清洁生产、降低成本等手段,最终实现园区的污染物“零排放”。

清洁生产、生态工业和循环经济是生态工业园区建设的有效途径。清洁生产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。生态工业是按生态经济原理和知识经济规律组织起来的基于生态系统承载能力、具有高效的经济过程及和谐的生态功能的网络型和进化型工业,它通过两个或两个以上的生产体系或环节之间的系统耦合使物质和能量多级利用、高效产出或持续利用。循环经济从国民经济的高度和广度将环境保护引入经济运行机制,以“资源-产品-再利用”的增长模式,在经济过程中系统地避免和减少废物的产生。

铁岭县人民政府及计委、经委、建设、土地、环保等职能部门都要加强对园区建设的监督管理,依法履行职责,对违反规定要求,盲目建设和引进项目投入使用的,需要依法进行处理。支持鼓励入园企业积极开展ISO14000认证和推进清洁生产,努力提高环境管理水平,创建现代化的新型生态工业园区。

A Discussion about the Industrial Park Development and Environmental Protection in Tieling County

ZHANG Ming

(Tieling County Environmental Monitoring Station, Tieling Liaoning 112600 China)

Abstract: Based on the study of the literatures about the industrial park development and circular economy, out of the actual situation of Tieling County, this paper puts forward some effective measures for the harmonious development of the industrial park and environmental protection in Tieling County.

Key words: industrial park; environmental protection; harmonious development; Tieling County

论节能减排与低碳经济

李玲¹, 赖志刚¹, 黄光波¹, 朱小翠¹, 黄袁金²

(1. 河源市环境保护局, 广东 河源 517000; 2. 河源市环境监测站, 广东 河源 517000)

摘要: 根据低碳经济理论, 结合我国现状, 分析了我国实施低碳经济转型的优势和挑战。指出节能减排对发展低碳经济的意义, 包括节约能源是实现低碳经济的重要手段和污染减排与减缓温室气体排放之间具有协同效应。提出了优化产业结构, 发展循环经济, 开展清洁生产, 加快技术创新, 鼓励绿色消费, 积极开发可再生替代能源, 优化能源结构, 增加碳汇能力等具体措施建议。

关键词: 全球变暖; 低碳经济; 节能减排

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0021-03

“低碳经济”是在温室效应不断加剧及由此产生的全球气候变化问题日趋严重的背景下, 最早由2003年英国能源的白皮书《我们能源的未来 创建低碳经济》^[1]中提出, 美国、日本、加拿大、法国、意大利等发达国家也提出减排、限排, 发展低碳经济已成为国际社会主流的战略选择。低碳经济是“新的工业革命”, 将创造新的游戏规则(如碳关税、碳标签等), 碳排放是其新的衡量标准, 从企业到国家, 将在新标准下重新洗牌, 谁超前做出部署, 谁就赢得发展先机。以航空业为例, 2012年1月1日起, 所有在欧盟境内的航班全程排放的二氧化碳都将纳入EU-ETS(欧盟排放交易体系), 中国飞往欧洲的航班, 每班将增加1500万元人民币/a的额外成本。

总的来说, 低碳经济是低碳发展、低碳产业、低碳技术、低碳生活等一类经济形态的总称, 是以应对碳基能源对气候变化影响为基本要求, 以实现经济社会可持续发展为基本目的, 以低能耗、低排放、低污染为基本特征的绿色经济。

1 我国实施低碳经济的优势与挑战

1.1 我国实施低碳经济的优势

1.1.1 政府实施低碳经济的决心大

我国在调整经济结构、发展循环经济、节约能源、提高能效、淘汰落后产能、发展可再生能源、优化能源结构等方面采取了一系列的政策措施, 取得了显著的成果, 我国的节能减排政策十分符合低碳经济的内涵和要求。哥本哈根会议上, 温家宝总

理在演讲中用了四个“最”字介绍了中国在应对气候变化所采取的行动, 即中国最早制定实施《应对气候变化国家方案》; 中国是近年来节能减排力度最大的国家; 中国是新能源和可再生能源增长速度最快的国家; 中国是世界上人工造林面积最大的国家。

积极应对气候变化, 推动低碳发展, 是党中央、国务院从立足中华民族和全人类长远利益、从全局和战略高度作出的重大战略部署, 发展低碳经济是我国自主和自觉的选择, 在2010年8月, 我国就正式启动了首批“国家低碳省区和低碳城市试点”, 迈出了低碳经济发展的坚实一步。

1.1.2 碳减排空间大

由于我国的能源、资源利用效率较低, 能耗强度大, 节能技术水平与发达国家差距也较大。相关研究表明, 我国的总体能源利用率为33%左右, 比发达国家低约10个百分点。单位产值能耗是世界平均水平的2倍, 是日本的11.5倍, 是德国和法国的7.7倍, 是美国的4.3倍^[2,3]。因此在政府重视、政策不断完善的前提下, 通过结构调整、技术革新、发展使用清洁能源、提高节能技术水平等途径, 实现碳减排的空间较大, 成果将非常显著。

1.2 我国发展低碳经济的挑战

1.2.1 能源结构呈现“高碳”特征

我国能源探明储量中, 煤炭占94%, 石油占5.4%, 天然气占0.6%, 我国一次性能源消费中煤炭占70%左右, 这种“富煤、缺油、少气”的能源结构决定了我国能源生产与消费以煤为主的格局将在较长时期内难以改变^[4]。由于煤炭的温室气体排放强度远远大于石油和天然气, 分别高出

收稿日期: 2011-11-04

作者简介: 李玲(1982-), 女, 硕士研究生, 工程师; 主要研究方向为污染减排。

36%和61%，且控制难度大，因此我国单位能源的二氧化碳排放强度长期处于较高水平，经济发展过程中“高碳”特征较明显。

1.2.2 低碳技术发展滞后

目前，我国与发达国家在节能、新能源利用、固碳等低碳技术还存在较大差距，缺少先进的、有利于减少温室气体排放的技术，如甲烷回收利用、二氧化碳捕获收集和储存等。整体科技水平落后，技术研发能力有限，且缺乏合理规划和有效的激励措施，社会缺乏对低碳技术的研发和推广的能力。

1.2.3 低碳经济意识淡薄

发展低碳经济不仅是政府的责任，更是企业和公民的义务。但企业往往只重视利益最大化，如缺乏正确的引导和合理的政策，企业很难主动实施节能减排，发展低碳经济。随着经济的发展，人民生活水平不断提高，但由于缺乏对消费的合理引导，人们在消费过程中形成了浪费、攀比等很多不良消费习惯，低碳经济意识淡薄。

1.2.4 碳减排压力大

我国在哥本哈根会议上提出，到2020年单位GDP二氧化碳排放量比2005年下降40%~50%，远高于美国宣布的17%，欧盟宣布的最高减排30%的目标。未来10a，我国将继续处于工业化和城镇化同时高速发展的阶段，人民生活质量也将不断提高，生产、生活、消费、交通等领域能源需求和排放都将快速增长，因此，到2020年我国实现二氧化碳减排目标压力很大。

2 实施节能减排对发展低碳经济的意义

2.1 节约能源是实现低碳经济的重要手段

根据《中华人民共和国节约能源法》，节能是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。节约能源，减少碳基能源消耗，对实现低碳经济具有重要意义。

2.2 污染减排和减缓温室气体排放具有协同效应

污染减排措施对减缓温室气体排放有不容忽视的协同效应，实施结构减排、工程减排、监管减排等一系列措施，对减缓全球温室气体排放总体上有显著的协同效应。一方面控制局域污染物排放（如COD、氨氮、二氧化硫、氮氧化物等）及生态建设过程中减少或者吸收二氧化碳等温室气体；另一方面，控制温室气体排放的过程中同时可减少其他局域污染物排放^[5]。

3 我国发展低碳经济的建议

3.1 加大环保基础设施建设

良好的环境质量是实施低碳经济的基础，只有加强生态保护和污染治理，控制污染物排放，改善环境质量，才能更加顺利地推进实施低碳经济。加大环保基础设施建设，重点建设城镇污水处理厂和固体废物无害化处理设施，加大规模化养殖业和农业面源污染的治理力度，积极开展生态保护，饮水安全，大气、土壤、噪声等污染防治工作，为全面推进低碳经济转型提供保障。

3.2 完善政策体系

“低碳经济”提出以来，我国政府积极响应，先后发布了《中国应对气候变化国家方案》、《中国能源状况与政策》白皮书，但相适应的法律法规体系还很欠缺。要推进低碳经济转型，我国应建立健全相关法律法规，强化节约资源法、清洁生产法等实施；制订和实施鼓励低碳经济的财政、税收和融资等经济优惠政策，制订和完善碳交易和碳审计制度，形成激励和约束机制；推行环境标识、环境认证，加强政府机构节能和绿色采购，制订低碳产品优先采购政策，改造节能建筑；通过建立生态补偿机制及依照国际通用的“碳源-碳汇”平衡规则，对国内生态保护区实施补偿；积极参与全球气候变化国际谈判，掌握话语权，发挥积极作用；建立相应的统计、监测和考核制度，建立温室气体排放数据库统计和管理体系，让低碳经济转型成为加快转变经济发展方式、有效控制温室气体排放的双赢之策。

3.3 强化实施节能减排，推进经济结构调整

加快淘汰“高耗能、高耗水、高污染”的企业和落后产能，大力推动产业升级；完善促进产业结构调整的政策措施，适当提高土地、环保、节能、技术等方面的准入条件，发展低能耗、低污染的先进生产能力；促进和加快高新技术产业和现代服务业发展，努力打造新的经济增长点。

3.4 优化能源结构

我国的资源条件决定了以煤为主的能源结构将在较长时期内难以改变，因此可按照近期内提高能源效率为重点，大力推进节能与煤炭洗选加工等清洁利用技术，同时加快可再生能源的科研、开发和建设。制定替代能源长期规划，稳步发展风能、太阳能、水能、核能、地热能、沼气、生物质能等新兴能源。以新能源替代传统能源，优势能源替代稀缺能源，可再生能源替代化石能源的思路^[4-6]，逐

步提高替代能源在能源结构中的比重,不断优化能源结构,推进低碳经济转型。

3.5 大力发展循环经济

加快制定促进循环经济的政策、相关标准和评价体系,加强技术开发和创新能力建设。按照“减量化、再利用、资源化”的原则,一方面严格环境准入,实行清洁生产,强化污染防治并实施全过程管理;另一方面合理布局,使产业之间耦合共生,延长产业链,形成循环效应。以尽可能少的资源消耗和环境成本,获得尽可能大的经济和社会效益,从而使经济系统与自然生态系统的物质循环过程相互和谐,提高资源、能源利用效率,努力建设资源节约型、环境友好型社会。

3.6 倡导低碳的生产、生活方式

低碳经济转型不仅仅是经济发展方式的转变,更是人们思考方式、行为方式和生产生活方式的转变。低碳经济还是个新事物,要广泛利用各种媒介宣传普及相关知识,倡导节能减排、低碳消费、低碳经营等理念,通过健全和发展各种环保组织,指导企业和公众使用低碳能源。通过政府引导、社会组织推进、全民参与,形成低碳经济发展整体合力,最大程度减少碳排放。

3.7 加快低碳技术创新

低碳技术可分为两个类型,第一类是减碳技术,比如节能减排技术、煤的清洁高效利用技术;第二类是无碳技术,如核能、太阳能等可再生能源技术。发展低碳经济必须依靠技术创新,攻克和突破低碳产业发展中关键核心技术问题,我国应积极引进先进的减碳、无碳技术,加快创新和推广速度;探索国际企业间、学术界间及其他组织间合作

伙伴,开展技术交流合作。

3.8 增加碳汇能力

增加碳汇能力可加大对温室气体的吸收,是碳减排的重要途径,增加森林、耕地和草地等均可增加碳汇能力。森林是陆地生态系统中最大的碳库,单位面积森林储存的碳是农田的20倍至100倍^[7]。建议加强水土流失敏感区域的生态保护,建设水源涵养林和流域水土保持林,大力加强城市、农村绿化工作,加强自然保护区建设,提高森林覆盖率提高纳碳、固碳能力。

4 结论

发展低碳经济已成为应对全球气候变暖的必由之路,是实现经济发展与资源环境保护双赢的必然选择,实施低碳经济转型既是一个挑战,也是一个很大的机遇。清洁生产是低碳经济的关键环节,循环经济是低碳经济的根本方式,节能减排是推进低碳经济转型的有效途径。

参考文献:

- [1] UK Government Energy White Paper, Our Energy Future: Creating a Low Carbon Economy [R]. 2003.
- [2] 薛惠峰,王海宁. 能源环境问题需统筹解决 [N]. 中国环境报, 2009-12-18.
- [3] 奚建武,徐丙奎. 节约型城市 [M]. 北京:中国时代经济出版社, 2005.
- [4] 李国志. 中国发展低碳经济的困难与政策建议 [J]. 亚太经济, 2010, (4).
- [5] 李丽平,周国梅. 切莫忽视污染减排的协同效应 [J]. 环境保护, 2009, (24).
- [6] 周慎. 试论中国低碳经济的发展道路 [J]. 经济师, 2010, (7).
- [7] 王理金,易启洪. 我国发展低碳经济的必要性及对策 [J]. 郑州航空工业管理学院学报, 2010, (3).

A Discussion about Energy Saving, Emission Reduction and Low Carbon Economy

LI Ling¹, LAI Zhi-gang¹, HUANG Guang-bo¹, ZHU Xiao-cui¹, HUANG Yuan-jin²

(1. Heyuan Municipal Environmental Protection Bureau, Heyuan Guangdong 517000 China)

Abstract: In the Chinese context, this paper gives a analysis about the strength and challenges in making a way to low carbon economy based on the low carbon economy theory, and points out the importance of energy saving and emission reduction. One of the important means of developing low carbon economy is to save energy, and there is a synergy of reducing emission and greenhouse gas. Some concrete recommendations are put forward such as optimization of industrial structure, development of circular economy, clean production, speed-up of technological innovation, promotion of green consumption, development of renewable alternative energy sources, optimization of energy structure, development of carbon trade and so on.

Key words: global warming; low-carbon economy; energy saving and emission reduction

珠江流域水污染现状与主要问题成因分析

和丽萍, 张兴, 陈晟

(云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034)

摘要: 对珠江流域在云南省境内的主要河流的水环境现状进行了分析, 对主要污染物排放量、入河量进行了测算, 对污染物的来源构成、空间分布及其特征进行了分析, 在此基础上对主要环境问题进行系统地识别, 分析造成水体污染的原因。

关键词: 珠江流域; 水污染; 成因分析; 云南

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0024-05

珠江是云南省六大水系之一, 珠江流域在云南省境内的流域面积为 5.88 万 km², 由南盘江、北盘江、右江三个水系组成, 涉及曲靖、昆明、玉溪、红河及文山五州市。随着流域内五州市城镇化进程的加快、经济持续高速增长, 以及人为活动的加剧, 珠江水系同其它河流一样, 出现了流域水土流失严重、污染物排放量增加、水质逐渐恶化、水质安全隐患突出等问题。近 5a 来, 水质呈重度污染, 监测断面水质达标率仅为 44.8%, V 类及劣 V 类水质断面占 44.8%, 部分断面出现了砷、铅、镉、挥发酚等有毒有害污染物超标的情况。

1 水环境质量现状

1.1 水环境功能区划及监测断面

根据《云南省地表水功能区划(复审)》(2011), 珠江流域(云南部分)已划分水环境功能的河流长度约为 1883.66km, 共 39 个水环境功能区, 主要水体功能为饮用一级、饮用二级、省级自然保护区、一般鱼类保护、一般景观用水、工业用水、源头水等 7 大类, 其中工业用水最长, 约占总长度的 45%, 其次是饮用二级及一般鱼类保护区, 分别占了 25% 左右。

表 1 水质劣于 V 类的河段及主要污染物

| 河流名称 | 河段 | 水体主要功能 | 主要污染物 |
|-------|--------|--------------|---|
| 南盘江干流 | 沾益-宜良段 | 工业用水、一般鱼类保护区 | 总磷、BOD ₅ 、氨氮、砷、溶解氧、高锰酸盐指数、总氮、六价铬、挥发酚 |
| 南盘江干流 | 开远-弥勒段 | 工业用水 | 砷、氨氮、铅、挥发酚 |
| 曲江 | 玉溪城区段 | 一般景观用水 | 氨氮、总磷、BOD ₅ 、高锰酸盐指数、溶解氧 |
| | 峨山段 | 工业用水 | 氨氮、BOD ₅ 、高锰酸盐指数 |
| 泸江 | 建水-开远段 | 工业用水、一般鱼类保护区 | 总磷、砷、镉、氨氮、挥发酚、氟化物、BOD ₅ 、铅 |
| 北盘江 | 宣威段 | 工业用水 | 总磷、BOD ₅ 、氨氮 |

1.2 河流水环境质量状况

1.2.1 2009 年水质总体情况

根据《2009 年云南省环境质量报告书》, 珠江水系水质总体为重度污染。干流及 9 条主要河流 29 个监测断面中, I、II 类水质占 17.2%; III 类水质占 17.2%; IV 类水质占 24.1%; V 类水质占 6.9%; 劣 V 类水质占 34.6%。断面水质优良率为 34.4%。水质断面达标率 44.8%。主要污染指标为总磷、氨氮、挥发酚、砷、BOD₅ 及石油类。综合污染程度较重的河流是泸江、南盘江干流、曲

江、北盘江。珠江水系是云南省六大水系中污染最重的水系。

1.2.2 年际变化

从 2003 ~ 2009 年间水质变化情况来看, 珠江流域(云南部分)水体水质功能达标率均 < 45%, 即一半左右的监测断面水质未达标。2004 ~ 2006 年略有好转, 2006 ~ 2008 年又有所恶化, 2009 年明显好转, 详见图 1。

总体的变化趋势是 I 类、II 类及 III 类水质断面数仅为 10 个, IV 类水质断面数仅为 2 ~ 5 个, 14 ~ 17 个水质断面数的水质类别一直为 V 类及劣 V 类, 说明近几年来珠江水系的总体水质状况较差。

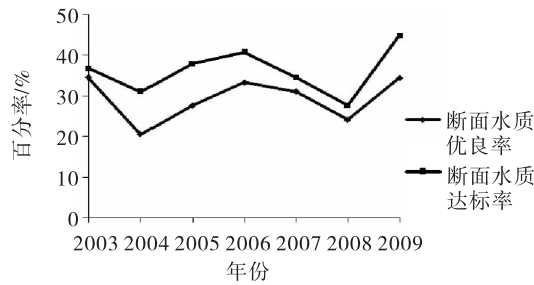


图1 断面达标率、优良率变化

1.2.3 空间分布

珠江流域（云南部分）水质是以有机污染为主，BOD₅、氨氮、总磷为主要超标污染物，其次是重金属超标。主要超标河段见表1。

2 水污染源特征分析

(1) 工业污染源、城镇生活源是造成珠江流域（云南部分）水体遭受污染的主要来源。从污染物入河量的来源构成看，COD及氨氮入河量主要集中在城镇生活污染源，分别占整个流域入河量的51.59%、57.09%；其次是工业源，COD、氨氮入河量分别占30%左右；再次是农村农业面源，COD、氨氮入河量分别占21.59%、13.44%。

(2) 从主要污染物的空间分布上来看，COD、氨氮排放量主要集中在宣威市、师宗县、麒麟区、富源县、红塔区、陆良县、个旧市、弥勒县、宜良县、开远市、师宗县、沾益县等12个县（市、区），约占流域总量的70%以上。

(3) 工业污染源主要集中在弥勒县、开远市、沾益县、红塔区、麒麟区、建水县、罗平县、师宗县、陆良县、石屏县、广南县等地。行业分布主要包括化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业、金属制品业、有色金属矿采选业、农副食品加工业、造纸及纸制品业、饮料制造业、煤炭开采和洗选业等8大行业，其污染物排放量约占整个流域污染物排放量的90%左右。

(4) 城镇生活COD及氨氮排放量主要集中在个旧市、麒麟区、宣威市、红塔区、蒙自市、陆良县、开远市、建水县、富源县等9个县（市、区），约占流域城镇生活污染物排放量的60%。

(5) 农村农业面源COD及氨氮排放量主要集中在师宗县、宣威市、富源县、红塔区、宜良县、陆良县、麒麟区、弥勒县、罗平县、丘北县等10县（市、区），约占流域氨氮排放总量的60%。畜禽养殖业、农村生活是农村农业污染的主要来源，COD排放量畜禽养殖业占53.23%，农村生活占44.79%，其余种植业及水产养殖业仅占1.98%；

氨氮排放量农村生活占62.70%，畜禽养殖业占18.38%，种植业占18.21%，养殖业仅占0.72%。

3 主要环境问题及成因解析

3.1 水体污染严重，部分水体受砷及重金属污染

(1) 整个水系水质总体较差，南盘江污染尤为突出

珠江流域（云南部分）总体水质较差，干流及9条主要河流29个监测断面中，达到V类及劣V类标准的断面数占41.5%，断面达标率仅为44.8%。南盘江水系不仅遭受BOD₅、氨氮、总磷等可降解有机物污染，而且遭受挥发酚、石油类等难降解有机物污染以及砷、铅、镉等重金属污染。

(2) 局地特征性污染问题突出，成为水质保障的重要风险

由于流域内区域资源开发型产业的发展，局部地区存在特征性污染问题，包括煤矿、磷矿开发及重金属污染等，如南盘江干流陆良段、南盘江干流宜良段、曲江红塔区段、泸江开远市段以及支流蒙自、个旧市段等。其中，泸江开远市段以及支流蒙自、个旧市段污染尤为严重，超标的指标除了COD、BOD₅、氨氮、总磷等常规指标以外，还包括砷、铅、镉及挥发酚等特征性指标，其中挥发酚的超标倍数高达33倍，砷超标倍数为1.87倍。

3.2 工业污染问题严重，存在水污染安全隐患

(1) 工业园区污染物尚未实现集中处理处置

珠江流域（云南部分）集中了约30个工业园区，其中有10个属于省级工业园区，目前入住企业约780家，工业水污染物排放量大且相对集中。虽然工业园区内的所有工业企业均建设有废水处理设施，但工业园区的生态化建设步伐缓慢，所有工业园区均尚未建立工业废水集中收集处理及回用体系以及固体废弃物的综合循环利用系统，废水及固体废物尚未实现再生利用及集中处理处置。

(2) 工业企业有待进一步加强监管

珠江流域（云南部分）工业相对发达，工业废水及其污染物排放量也大，且排放一些难降解的有毒有害物质。化学原料及化学制品制造业、农副食品加工业、造纸及纸制品业、饮料制造业、煤炭开采和洗选业、有色金属冶炼及压延加工业、金属制品业、有色金属矿采选业8个行业的企业数量约占流域工业企业总数的64.86%，工业产值约占41.8%，工业废水排放量约占74.68%。8大行业主要污染物排放量占流域工业污染物排放总量的比例为：COD 87.66%，氨氮 98.57%，挥发酚 57.47%，

砷 99.43%，铅 99.54%，镉 99.43%，造成水体中砷、铅、镉及挥发酚等物质超标。

对于工业污染物的处理还存在三方面的问题：一是工业企业污染防治重末端治理，轻源头及过程控制。现阶段，众多工业企业还停留在单纯地靠建造污水处理设施对污水进行处理的水平上，还没有充分把清洁生产、循环经济的理念贯穿到源头及过程污染控制。二是部分工商企业污染控制监管尚未完全到位，存在偷排、超排和任意排放的现象，例如宜良县明丰造纸厂私设暗管偷排污水，被中央电视台《共同关注》栏目于2010年7月21日晚曝光；加之企业环保意识淡薄，盲目追求经济效益的最大化，从而忽视企业污水对环境造成的污染。三是工业企业分布分散、点多面广，大量小工商企业、小作坊和三产服务业未纳入正常管理，其污染物直接排放，对流域水体污染构成严重威胁。

(3) 矿山开采造成水土流失及植被破坏

珠江流域（云南部分）矿产资源丰富，矿区分布广泛。根据2009年污染源动态更新数据，流域内有煤炭开采和洗选业352家，有色金属矿采选业74家，工业总产值为155.25亿元，约占流域工业总产值的8.2%。矿区废水排放量1411.27万 m^3/a ，污染物排放量COD 2333.39t/a，石油类99.63t/a，砷39.86kg/a，铅19.56kg/a，矿区污染物排放量约占流域工业污染物排放量的20%。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，但整体上矿山区域水土流失和植被破坏仍十分严重，矿坑水收集处理及矿区生态环境亟待加强。

(4) 历史遗留的重金属污染存在安全隐患

珠江流域（云南部分）曾经分布有一些以选矿场为主的重金属污染企业，如宜良九乡大兑冲，个旧市的大屯、沙甸、卡房、鸡街片区，罗平县的富乐镇、马街镇、阿岗镇、老厂乡，广南县的坝美镇、旧莫乡、珠街镇、曙光乡、黑支果乡以及富宁县的新华镇、者桑乡、那能乡、花甲乡等地。有些企业早已停止生产经营，已无法找到企业业主，但矿场、废弃物堆场、尾矿库等仍存在，这些土地已受到重金属的严重污染。若这些区域的固体废弃物得不到妥善处置，土壤中所含的重金属将随着降雨径流冲入河中，成为污染珠江的一大隐患。

3.3 城镇污染负荷攀升，治理速度滞后于发展

(1) 流域城镇人口增长迅速，城镇生活污水及污染物排放量增加

珠江流域（云南部分）聚集了5州市的绝大部分城镇人口，而且城镇人口增加速度较快。2009年流域城镇人口为195.02万人，占5州市城镇人口的92%。近年来，随着流域城镇化进程的不断加快，城镇人口不断攀升，人民生活水平也不断提高，由此导致生活污染负荷不断加大。据测算，2009年流域主要城镇居民生活污水排放量10204.24万 t/a ，COD排放量53180.98 t/a ，氨氮排放量5288.34 t/a 。

(2) 环保基础设施建设滞后，远远跟不上城市发展需要

珠江流域（云南部分）城镇居民生活污染物尚未得到有效的收集与处理，主要原因：一是城镇规划与建设缺乏系统性。根据初步了解，长期以来，流域在城镇规划与建设阶段，没有很好地考虑与节水及污水处理等相对应的基础配套设施，造成这些设施建设滞后，导致污染治理长期处于未还完旧账、又欠新账的尴尬境地。目前政府所在地位于珠江流域（云南部分）的26个县已基本实现“县县有污水处理厂及垃圾填埋场”，但除了15县区市的污水处理厂已在运转以外，其余11个县市区污水处理厂尚处在建设与调试阶段，241个乡镇（镇）无污水收集及处理设施；大部分原有垃圾填埋场为简易填埋场，未采取防渗措施，存在污染地下水的可能，有些填埋场库容已基本饱和，需要新建填埋场。二是城市管网覆盖率低，已有污水管网不完善、不配套，污水收集率低，已建成的污水处理设施没有充分发挥应有作用，污水厂处理效率低，大量生活污水及工业废水沿地势就近排入河流。

(3) 污水处理厂及垃圾填埋场存在“重建设、轻管理”现象

在各级政府的重视及推动下，政府所在地位于珠江流域（云南部分）的26个县均将于2011年底前建成污水处理厂及垃圾填埋场。但从目前已投入运营的污水处理厂及垃圾填埋场的运营管理状况来看，城镇污水处理厂及垃圾填埋场改制、收费及优惠电价等一些政策措施没有落实到位，影响了城镇污水处理厂及垃圾填埋场的建设与正常运营。

(4) 污水厂污泥及垃圾填埋场渗滤液有待得到有效处置

“十一五”期间，有关部门十分注重建设污水处理厂及垃圾填埋场，但建成后污水厂的污泥及垃圾填埋场的渗滤液处理，成为“十二五”期间需

要解决的主要问题。城镇污水处理厂的污泥处理难以做到安全处置,目前普遍的做法是送往垃圾填埋场,但因污泥含水率较高(约为80%),运输及填埋存在技术问题,成为新的污染隐患;若垃圾填埋场的渗滤液未得到有效处置,会成为污染周围地下水及地表水的最大问题之一。

(5) 城镇河道水质及水体景观较差

珠江及主要支流沿岸分布有11个城镇之多,目前由于城镇污水收集支管以及垃圾清运系统不完善,仍有城镇生活污水直接排入河道、沿岸倾倒垃圾等现象,加之城镇河段往往地势较为平缓,来自上游的大量泥沙沉积于此,使得城镇河段大量底泥沉积,河床上升,河道生态系统遭受破坏,水体自净能力减弱,加之仍有一些排污口存在,未经处理的城镇污水直接排入河道,使得城镇河道水体水质较差,有些城镇河段甚至发黑发臭,沿岸生态环境与景观较差。

3.4 农村农业面源污染比例大,农村环境问题日渐突出

(1) 村庄环境“脏、乱、差”问题突出

大部分农村村庄由于缺乏生活污水和垃圾的收集和处理设施,生活污水任意排放,生活垃圾、畜禽粪便、作物秸秆及其它废物随意堆放或倾倒的现象十分普遍,“污水乱泼、垃圾乱倒、粪土乱堆、柴草乱垛、畜禽乱跑”成为一些农村环境的真实写照,沟渠、水塘成为污水池、垃圾堆放场。

(2) 规模化畜禽养殖污染急需实现综合整治

珠江流域(云南部分)的畜牧业相对发达,现状规模化畜禽养殖造成的污染较严重。根据2009年污普动态更新数据,流域共有595家规模化畜禽养殖场,养殖数量分别为猪29.36万头,奶牛7910头,肉牛3919头,蛋鸡604.07万羽,肉鸡52.99万羽,其COD排放量、氨氮排放量约占流域农业农村面源污染物排放量的35%左右。根据《云南省畜牧产业发展“十二五”规划》,“十二五”期间,珠江流域(云南部分)畜禽养殖年均增长率将达到3%~6%,规模化率为:猪35%,牛30%,禽80%。污染物排放量增幅约为40%,占农业农村面源污染物排放量的比重将增加7个百分点,规模化畜禽养殖污染将成为农业农村面污染的主要来源。

(3) 农业用水量较大,农业排水携带化肥农药入河

农业是珠江(云南部分)第一用水大户,根

据2009年云南省水资源公报,珠江流域(云南部分)农业灌溉用水为20.13亿 m^3 ,约占流域生产生活用水量的64%,现状农田亩均用水量为780 m^3 ,远远高于全国平均水平476 m^3 /亩,农业灌溉水有效利用系数较低,仅为0.50。大量农业排水携带化肥农药入河,污染河道水体。

(4) 农业耕作方式传统,农田径流导致的污染物排放量大

珠江流域(云南部分)是云南省粮食生产区之一,曲靖大型灌区、蒙开个大型灌区、丘北大型灌区等均分布在流域内,合计耕地面积约为200万亩。2009年流域农业用水量约为20.13亿 m^3 ,约占流域总用水量的62%,农田灌溉利用系数仅为0.45。流域农业产业相对发达,加之农业耕作方式粗放、农业节水、平衡施肥等现代农业技术尚未得以推广使用,使得农村农业面源污染成为流域水污染的主要来源之一。农业面源污染具有来源复杂、分布广、排放无规律、难收集、难治理的特点,需要采用多种途径、多种方法才能收到良好的治理效果。目前农村农业面源污染治理仍处于试验示范阶段,尚无可进行推广应用的成熟技术,所以对农药、化肥、农作物秸秆污染及农村生活污水垃圾治理尚未全面推开。

3.5 流域环境监管机制有待加强,环境监管能力严重不足

(1) 流域环境管理机制不健全

多年以来珠江流域(云南部分)的水污染防治工作已经得到了各级政府的高度重视:国家层面上,2005年由国家环保部华南环科所牵头、流域所属的6省环科院参与编制了《珠江流域水污染防治“十一五”规划》;云南省层面上,曾在“九五”、“十五”及“十一五”期间编制了流域水污染防治规划;地区层面上,曲靖市曾在“九五”及“十一五”期间编制了南盘江(曲靖至陆良段)水污染防治规划。然而,这些规划均未得到相关部门的批复,因此规划中提出的一系列工程及管理措施未得以实施。

(2) 流域合力治污的局面尚未形成

珠江流域(云南部分)面积较广、问题较为复杂,需要云南省、五州市及30个县的发改、水利、环保、财政、住建、国土、林业、农业、工信等多个层面、多个部门合作开展水污染防治工作,然而目前尚未建立行之有效的机制来推进各部门、各州市、各县区开展治污经验交流,来促进增强流

域内各级政府及部门对流域水环境防治事业的责任感。珠江流域（云南部分）水污染防治条例，柴石滩水库管理条例，流域跨州市、县区水质责任考核体系，流域上下游生态补偿机制，水污染补偿方案等一系列政策、制度等尚处在酝酿、研究阶段，从制度上尚难以保证珠江流域（云南部分）水污染防治的有效性。

(3) 流域排污总量数据不清，难以真正按总量目标进行监管

一是目前用于总量控制的数据主要来源于污染源普查及动态更新、环境统计、排污申报登记及污染物排放量监测，而污染源普查及动态更新、环境统计、排污申报登记数据均存在大量的估算环节；排污监测由于频次和管理等问题，也难以反映出实际的排放总量。二是大部分企业基本没有连续监测数据。截至2009年年底，珠江流域（云南部分）已有44家国控企业安装了污染源自动在线监测装置，但还存在未能正常运行、装置监管校核、监测数据传输及汇总等问题，工业企业或环保部门均尚未能提供在线监测数据，企业的稳定达标排放、总量排放等难以监管到位。重点污染源在线监测的效能还没有充分发挥，监督性监测作用单一，监测手段有限，不能严格按照排放标准监测，在线监测还不包括砷等特征污染物。部分重点污染源自动在线监测系统监测数据的采集和仪器设备的维护管理缺乏有效地监督。

(4) 流域水质监测点位及频次有待补充完善

一是河流水环境监测网络布局、监测指标、评价方法、数据的规范性、考核指标与方法等基础条件对全面掌握水环境质量及其变化趋势，实施水环境质量地方责任考核的支撑还不够。二是52个饮

用水源地中，目前没有一个自动监测站点，设置常规监测点的仅占水源地总数的21.2%，其中多数水源地仅设置1个监测站点，难以全面反映水源地水质状况。三是对日益严重的农业面源污染还缺乏有效的应对手段。

(5) 流域环境管理能力严重不足

一是州市级、县区级基层环保机构在编人员较少，而新增人员编制较为困难，聘请临时工协助工作又存在人员工资待遇、福利等难以解决的一系列问题，现有环境管理人员的工作强度、难度较大，导致对大量中小工业企业的排污监管不到位。二是基层环境监察能力十分薄弱，部分地方环保执法管理手段落后，装备较差，大部分县区环境监察队现有的机构人员、基本硬件装备等尚未达到《全国环境监察标准化建设标准》（西部地区）三级标准，造成对违法排污企业监管不力。三是基层环境监测队伍人员偏少、运行费用短缺。目前环境监测任务越来越重，而三级环境监测站的人员尤其是专业技术人员偏少，无法满足日常环境监测的需要，难以满足环境管理的需求。

(6) 尚未建立有效的流域环境风险预警体系和突发环境事件应急机制

珠江流域（云南部分）各二级环境监测站应急装备水平在“十一五”期间虽然得到了一定的加强，但环境监测预警应急整体实力仍显不足，环境风险情况说不清，全流域尚未安装水质自动监测站，重点污染源在线监控系统对排放异常情况还难以实现第一时间反应和处理，整合联动的预警体系和应急机制尚未形成，急需尽快建立一套集成GIS的流域水环境信息系统，对实施分区管理、总量控制、质量考核与预警应急提供必要的支撑。

An Analysis of Water Pollution Situation and Its Main Causes in Pearl River Basin

HE Li - ping, ZHANG Xing, CHEN Sheng

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

Abstract: This paper gives an analysis about the current water environmental situation for the main rivers in the Yunnan Part of the Pearl River Basin. A calculation has been carried out about the discharge amount of the main pollutants and their amount into the rivers. The pollution sources and their spatial distribution and characteristics have been analyzed, on which the major environmental problems have been identified as well as the causes for the water pollution.

Key words: Pearl River Basin; water pollution; cause analysis; Yunnan

2002~2009年红枫湖水污染趋势分析

肖致强¹, 安艳玲²

(1. 清镇市环境保护局, 贵州 清镇 551400; 2. 贵州大学资源与环境学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要:以详细的水质监测资料为基础, 分析了2002~2009年红枫湖水质的变化状况。结果表明: 8a间, 红枫湖水水质类别以Ⅳ类和Ⅴ类为主; 红枫湖水体已属中富营养型湖泊。水质恶化的驱动力是网箱、围栏和温流养殖, 工业废水污染, 现代农业生产影响, 江湖连通变化与外河渠影响。

关键词:水环境; 水污染; 趋势; 分析; 红枫湖

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0029-06

红枫湖位于贵州高原中部, 地处亚热带湿润季风区, 海拔1250m。气候温和, 雨量丰沛, 是一座综合功能的人工湖泊。地理坐标: 东经106°33'~106°44', 北纬26°33'~26°41'。多年平均降水量1200mm, 入湖支流多, 库容量大, 历年最高水位1240m时, 面积57.2km²、容积6.01亿m³; 最低水位1225m时, 面积48.5km², 容积5.1亿m³。红枫湖水位: 枯水期(12~3月)1228m, 涨水期(4~5月)1237m, 丰水期(6~8月)1233m, 平水期(9~11月)1230m^[1]。

1 资料和方法

1.1 资料的来源与选择

红枫湖是贵州省省会贵阳市及其卫星城市清镇市的主要水源地, 20世纪80年代省环境监测总站就在红枫湖布设了偏山寨、腰洞、大坝、花鱼洞、后午、三岔河和焦家桥7个监测点, 见图1。每月对红枫湖进行监测。监测项目包括水温、pH值、透明度、溶解氧、COD_{Mn}、总磷、氨氮、总氮、氟化物、挥发酚、氰化物、总砷、总汞、总镉、总铅、六价铬、磷酸盐、粪大肠菌群、叶绿素a共19项。所有项目均由贵州省环境监测总站按照国家地表水监测技术规范要求实施监测。

1.2 方法

以《地表水环境质量标准》^[2]为依据, 对2002~2009年间红枫湖北湖的偏山寨、腰洞垂线和南湖的入湖断面焦家桥和南湖后午、花鱼洞、三岔河、西郊水厂以及大坝垂线(见图1)的水质监测

数据^[3]进行统计分析, 对2002~2009年间水体环境质量演变的变化规律进行研究。

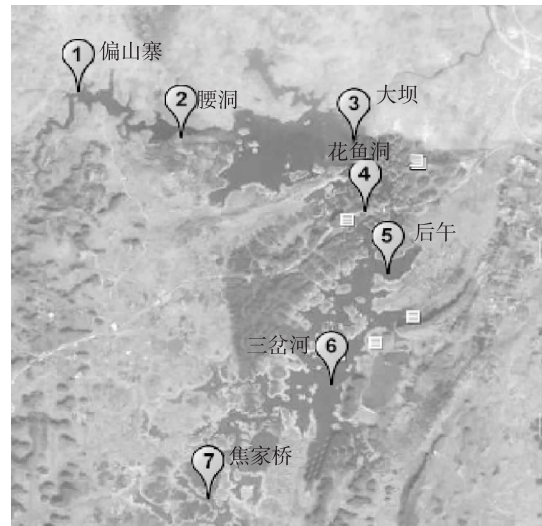


图1 红枫湖采样点分布

2 结果与分析

2.1 2002~2009年红枫湖水环境总体状况

2002~2009年间7个监测断面的总汞、总铅、总镉、总砷、六价铬、总氰化物、挥发酚共7个项目均符合Ⅱ类水质标准。

2002~2009年期间红枫湖水水质评价结果表明(表1):

2002~2003年, 红枫湖库区达不到功能区水质要求的区域集中在北湖的偏山寨、腰洞和南湖的焦家桥、三岔河, 水质均劣于《地表水环境质量标准》Ⅳ类。超标的污染物指标为总磷、氨氮、高锰酸盐指数、溶解氧。超标的原因主要是贵州美丰(贵州化肥厂)的废水排放口位于偏山寨、腰洞。该厂的氨氮排放量达2723.5t/a, 是红枫湖氨氮主要污染源。而上游污染源平坝县城、平坝酒

收稿日期: 2011-02-22

基金项目: 贵州省环保厅“红枫湖百花湖水资源环境保护总体规划(2011—2015年)”前期研究项目。

通讯作者: 熊筱(1978-), 女, 贵州省环境监测总站, 专业方向: 环境监测与管理。

厂、黎阳机械厂、环宇机械厂、高峰机械厂、红枫机械厂的排放口主要在焦家桥、三岔河，排入红枫

湖的废水排放量为 2187.32 万 t/a，其中总氮为 4064.4t/a，总磷为 37.6t/a。

表1 红枫湖 2002~2009 年各监测垂线水质综合评价结果表

| 监测垂线 | 规定类别 | 实达类别 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 偏山寨 | III | 枯期 | V | III | 劣于 V | 劣于 V | III | 劣于 V | II | IV |
| | III | 丰期 | IV | 劣于 V | V | 劣于 V | 劣于 V | IV | III | IV |
| | III | 平期 | IV | IV | V | 劣于 V | 劣于 V | V | III | IV |
| | III | 平均 | IV | IV | V | 劣于 V | 劣于 V | V | III | IV |
| 腰洞 | III | 枯期 | V | V | 劣于 V | 劣于 V | 劣于 V | 劣于 V | III | III |
| | III | 丰期 | 劣于 V | IV | IV | 劣于 V | 劣于 V | IV | IV | III |
| | III | 平期 | IV | IV | IV | IV | IV | V | III | IV |
| | III | 平均 | V | IV | IV | 劣于 V | V | V | III | III |
| 大坝 | III | 枯期 | III | III | IV | IV | IV | V | III | IV |
| | III | 丰期 | III | III | IV | IV | IV | V | 劣于 V | IV |
| | III | 平期 | III | IV | IV | IV | IV | V | IV | V |
| | III | 平均 | III | III | IV | IV | IV | V | IV | IV |
| 花鱼洞 | III | 枯期 | III | II | IV | III | III | V | IV | III |
| | III | 丰期 | III | III | IV | IV | V | V | 劣于 V | IV |
| | III | 平期 | III | IV | IV | III | 劣于 V | V | IV | V |
| | III | 平均 | III | III | IV | III | V | V | IV | IV |
| 后午 | II | 枯期 | II | III | IV | III | II | V | V | IV |
| | II | 丰期 | III | III | IV | IV | V | V | III | IV |
| | II | 平期 | II | III | III | III | 劣于 V | V | IV | V |
| | II | 平均 | II | III | IV | III | V | V | IV | IV |
| 三岔河 | III | 枯期 | IV | II | V | - | III | 劣于 V | 劣于 V | V |
| | III | 丰期 | IV | IV | IV | V | 劣于 V | V | V | III |
| | III | 平期 | II | III | III | III | 劣于 V | V | 劣于 V | III |
| | III | 平均 | IV | III | IV | III | 劣于 V | V | 劣于 V | III |
| 焦家桥 | III | 枯期 | V | IV | V | III | III | 劣于 V | 劣于 V | 劣于 V |
| | III | 丰期 | IV | IV | IV | V | V | 劣于 V | 劣于 V | V |
| | III | 平期 | II | IV | III | 劣于 V | 劣于 V | V | V | 劣于 V |
| | III | 平均 | IV | IV | IV | V | V | 劣于 V | 劣于 V | 劣于 V |

2006~2007 年红枫湖各个监测断面枯、丰、平三期及其年均值都是 V 类、劣于 V 类水质，均达不到功能区规定的水质类别要求。其中，大坝、花鱼洞、后午的水质明显恶化，而上述水质超标水域又恰是规模最大网箱最集中的投饵养鱼业所包围的区域，也是湖周边生活或旅游业直接污染的水域。偏山寨断面水质最差，水质达到劣 V 的年数最多，焦家桥断面水质次之。2002~2007 年所有监测垂线的水质达标率依次为：84%、57%、43%、14%、0%、0%。

2008~2009 年各监测垂线的水质状况开始有所好转，腰洞及其他个别垂线在某个时期可以达到功能区规定的水质类别要求。2008 年以后水质趋好最重要的原因是红枫湖周边地区政府高度重视防治污染，特别是 2007 年贵阳“两湖一库”管理局成立以后，环保投入大幅度增加，各项环保措施建设并使用。

2.2 红枫湖水体主要污染物的年际变化

红枫湖周边重点污染源主要是贵州天峰化工有限责任公司（平坝化肥厂）、美丰化工（贵州化肥厂）、平坝县城、黎阳机械厂、环宇机械厂、高峰机械厂、红枫机械厂等的生活废水，网箱、围栏和温流水养鱼废水。这些废水的主要污染因子是总磷、总氮、氨氮。

湖泊水体初级生产力的主要代表——藻类等浮游植物和水生植物的生长、繁殖需要 20 多种元素，其中以碳、氮、磷的需要量最大，由于天然水体中氮、磷量较少，因此氮和磷通常是水体中植物生长繁殖的制约因子。表 2、表 3 给出了 2002~2009 年较红枫湖总磷（TP）、总氮（TN）调查结果，从调查结果看，全湖 7 个监测点平均 TN/TP 为 41:1~115:1。一般来说，湖泊的 TN/TP > 14，通常认为磷是限制性因素，而红枫湖的总氮总磷比远远大于此限值，可见红枫湖是一个典型的磷限制性湖泊。

表2 2002 ~ 2009 年红枫湖总磷监测结果统计

| 监测垂线 | 2002 年 | | 2003 年 | | 2004 年 | | 2005 年 | |
|------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|
| | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ |
| 偏山寨 | 1.08 | 0.037 | 0.34 | 0.026 | 5.44 | 0.053 | 0.88 | 0.053 |
| 腰洞 | - | 0.012 | 0.26 | 0.025 | - | 0.031 | - | 0.042 |
| 大坝 | - | 0.017 | 0.344 | 0.026 | - | 0.027 | 1.24 | 0.073 |
| 花鱼洞 | - | 0.011 | - | 0.01 | 0.08 | 0.031 | 0.58 | 0.043 |
| 后午 | - | 0.016 | - | 0.016 | 1.64 | 0.049 | 2.28 | 0.047 |
| 三岔河 | 0.76 | 0.02 | - | 0.027 | 0.12 | 0.039 | 1.54 | 0.081 |
| 焦家桥 | 2.92 | 0.04 | 7.84 | 0.07 | 1.28 | 0.068 | 21.4 | 0.452 |
| 监测垂线 | 2006 年 | | 2007 年 | | 2008 年 | | 2009 年 | |
| | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg · L ⁻¹ |
| 偏山寨 | 4.16 | 0.124 | 6.8 | 0.189 | 1.48 | 0.039 | 0.6 | 0.06 |
| 腰洞 | 3.5 | 0.046 | 1.6 | 0.107 | - | 0.035 | 0.8 | 0.05 |
| 大坝 | 2.1 | 0.094 | 2.2 | 0.139 | 0.26 | 0.046 | 1.4 | 0.085 |
| 花鱼洞 | 4.5 | 0.150 | 2.74 | 0.181 | 0.86 | 0.063 | 1.2 | 0.07 |
| 后午 | 10.1 | 0.149 | 7.4 | 0.169 | 3.6 | 0.067 | 3.4 | 0.079 |
| 三岔河 | 4.5 | 0.177 | 6.2 | 0.234 | 3.8 | 0.142 | 1.22 | 0.06 |
| 焦家桥 | 24.8 | 0.704 | 7.4 | 0.255 | 45.2 | 0.87 | 48.9 | 0.96 |

2.2.1 红枫湖各监测垂线总磷浓度变化趋势

红枫湖富营养化，氮、磷为控制因子，其中主控因子为磷。AGP（藻类增长潜力实验）实验结果表明，磷作为藻类生长限制因子的生长阈值浓度为 0.025 mg/L^[4]。

2002 ~ 2003 年间，红枫湖总磷超标最严重的区域是南湖的三岔河一带，主要受通过羊昌河携带入湖的污染物影响。焦家桥监测垂线的总磷浓度相比其他垂线要高得多；次严重超标区域是腰洞以上区域。由于红枫湖北湖以上区域没有磷化工企业，因此，生活源和农业面源污染是这个区域总磷超标

的主要原因。

2006 ~ 2007 年，总磷在红枫湖所有水域都超标，超标最严重的区域南湖的三岔河一带，焦家桥监测垂线，2006 年总磷年平均浓度是 0.704mg/L，最大值超标倍数达到了 24.8 倍，是 2003 年年平均浓度的 10 倍；南湖的后午至将军湾一带，受网箱养殖和清镇发电厂的污染影响，后午监测垂线总磷年平均浓度在 2007 年达到峰值 0.169mg/L，最大值超标倍数 7.4。

2008 ~ 2009 年，总磷虽然在红枫湖所有水域都超标，但总的来说在水体中的浓度有所下降。

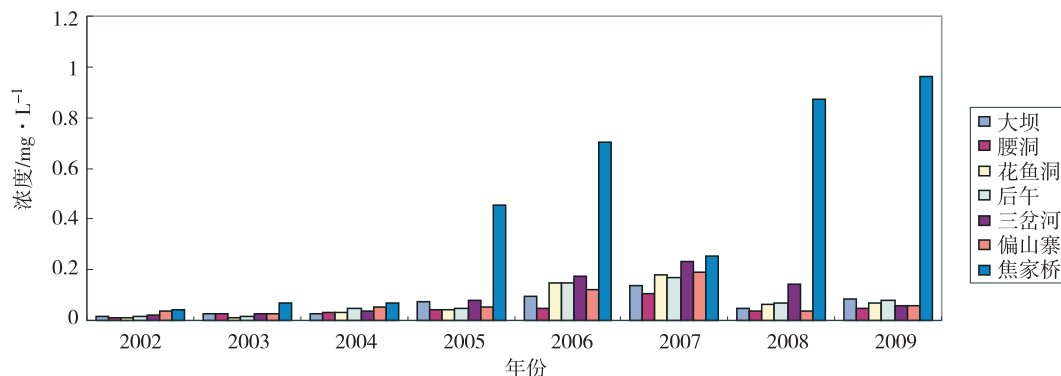


图2 红枫湖总磷浓度变化趋势（年均值）

总磷浓度年均值总的来说南湖高于北湖，7 条监测垂线由南向北总磷浓度呈递减趋势。说明除

农业面源和生活污染源外，工业污染源是南湖总磷的主要来源，焦家桥以上范围内的工业污染源即天

峰化工有限责任公司的生产废水外排对南湖的总磷污染贡献较大。另外，网箱养鱼也是红枫湖最主要的污染源之一，是最大的湖内污染源，由于大量复合鱼饲料的散失，不仅造成局部区域水质恶化，而且使该区域沉积物中积累了大量的营养物质。

2.2.2 红枫湖各监测垂线总氮浓度变化趋势

一般认为氮、磷是影响湖泊富营养化的主要因子，充足的氮、磷供应造成湖泊中某些特征藻类（主要是蓝藻、绿藻）的异常增殖，水质富营养化及水生生物群落结构的改变导致了水体自净能力的

降低，也进一步加速了富营养化的进程。水体富营养化判断标准是总氮为0.2mg/L，红枫湖的氮含量极其丰富（见表3）。2002~2009年间，监测垂线后午的总氮含量最低，含量范围为1.1~2.2mg/L，达到富营养化标准的5.5~11倍；监测垂线偏山寨的总氮含量最高，含量范围为1.2~10.3mg/L，达到富营养化标准的27.5~51.5倍。

2.2.3 氨氮浓度变化趋势分析

从表4可见：

表3 红枫湖各监测垂线总氮含量变化（2002~2009）

(mg/L)

| | 偏山寨 | 腰洞 | 大坝 | 花鱼洞 | 后午 | 三岔河 | 焦家桥 |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 极值 | 1.3~10.3 | 1.7~5.5 | 1.7~3.1 | 1.4~2.1 | 1.1~2.2 | 1.1~3.6 | 2.3~4.2 |
| 平均值 | 4.95 | 3.72 | 2.19 | 1.74 | 1.59 | 1.83 | 3.29 |

表4 2002~2007年红枫湖氨氮监测结果统计

| 监测垂线 | 2002年 | | 2003年 | | 2004年 | | 2005年 | |
|------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|
| | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ |
| 偏山寨 | 0.2 | 1.020 | 2.7 | 1.770 | 12.4 | 7.323 | 9.5 | 7.364 |
| 腰洞 | 1.08 | 1.563 | 0.88 | 1.246 | 3.6 | 2.196 | 2.2 | 2.198 |
| 大坝 | - | 0.163 | - | 0.429 | - | 0.439 | 0.14 | 0.442 |
| 花鱼洞 | - | 0.267 | - | 0.263 | - | 0.286 | - | 0.269 |
| 后午 | - | 0.130 | 0.24 | 0.305 | - | 0.223 | - | 0.122 |
| 三岔河 | - | 0.220 | - | 0.261 | - | 0.177 | - | 0.107 |
| 焦家桥 | - | 0.223 | - | 0.457 | - | 0.216 | - | 0.130 |
| 监测垂线 | 2006年 | | 2007年 | | 2008年 | | 2009年 | |
| | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ | 最大值超标倍数 | 年均值 /mg·L ⁻¹ |
| 偏山寨 | 5.9 | 5.113 | 1.9 | 1.577 | - | 0.046 | - | 0.045 |
| 腰洞 | 2.2 | 1.864 | 4.6 | 2.133 | - | 0.056 | - | 0.048 |
| 大坝 | 0.15 | 0.448 | - | 0.359 | - | 0.049 | - | 0.043 |
| 花鱼洞 | - | 0.198 | - | 0.275 | - | 0.057 | - | 0.053 |
| 后午 | - | 0.144 | 0.5 | 0.316 | - | 0.052 | - | 0.042 |
| 三岔河 | - | 0.188 | - | 0.363 | - | 0.058 | - | 0.046 |
| 焦家桥 | - | 0.246 | - | 0.254 | - | 0.317 | - | 0.084 |

(1) 2002~2007年间，红枫湖氨氮超标最严重的区域是北湖的腰洞至管理处一带，偏山寨和腰洞监测垂线的氨氮年平均浓度均超标，且氨氮浓度值呈现上升趋势。这主要是受贵州化肥厂及旅游服务设施的污染影响。2007年以后这两个监测垂线氨氮浓度呈明显下降趋势；大坝、花鱼洞、后午、三岔河和焦家桥垂线氨氮浓度年均值达标，其浓度值也呈下降趋势。

(2) 氨氮浓度年均值北湖高于南湖，7条监测

垂线由南向北氨氮浓度呈递减趋势。说明除面源和生活污染源外，工业污染源是北湖氨氮的主要来源，腰洞以上范围内的工业污染源即贵州化肥有限责任公司，该公司年产30万t尿素，产生的废水外排对北湖的氨氮污染贡献较大。贵州美丰（贵州化肥厂）工业用水量5560.5万t/a，其中重复用水2308.5万t/a，年排水量3130.47万t。废水中含氢化物、挥发性酸、硫化物和氨氮。其中氨氮排放量最大，每年达2723.5t。该厂是红枫湖氨氮主

要污染源。2007年随着对该公司废水的治理,2008年、2009年该区域的氨氮浓度年均值明显降低。

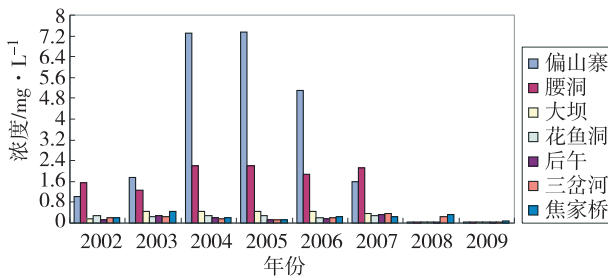


图3 红枫湖氨氮浓度变化趋势 (年均值)

2.3 综合营养状态指数变化趋势分析

本文评价红枫湖富营养化的评价方法及分级技术规定按照中国环境监测总站(总站生字[2001]90号)执行。富营养化评价指标为叶绿素a、总磷、总氮、透明度、高锰酸盐指数,共计5项。

从表6可以看出:2002~2009年期间,红枫湖的营养状态在2005、2007年处在轻营养状态,

表6 红枫湖营养状态变化趋势表(2002~2009年)

| 年度 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 指数 | 37.3 | 44.0 | 43.0 | 50.7 | 48.7 | 51.3 | 49.0 | 46.3 |
| 营养状态 | 中营养 | 中营养 | 中营养 | 轻度营养 | 中营养 | 轻度营养 | 中营养 | 中营养 |

2.4 红枫湖水体富营养过程驱动力分析

2.4.1 网箱、围栏和温流水养鱼

红枫湖水面投饵养殖业从1987年开始出现,最初在岸边进行。到1990年以后,发展为大规模的网箱养殖业,特别是在清镇电厂附近建立了固定式温水养鱼场及浮动式网箱,鱼体所排泄的粪便及投饵过程中散失的饵料直接排入水体,这些含有大量营养元素和有机物的残渣沉积湖底,会分解并不断向水体释放营养盐。当氧化还原环境发生变化时,底泥可成为水体的主要污染源。2008年这些网箱养鱼虽然被完全拆除,但内源营养负荷的连续释放和不断输入仍构成了红枫湖水体富营养的物质基础。

2.4.2 工业废水污染

根据贵州省环境监测中心站提供的数据,2003~2004年贵州天峰化工有限责任公司磷铵车间、硫酸车间工业废水排入的富营养物质污染物已超标(表7)。2007年以后,随着贵州天峰化工有限责任公司的关停和对其磷石膏渣场的治理,美丰化工(贵州化肥厂)生产废水实现零排放,红枫湖水体总磷、氨氮的含量明显下降。

其他年度基本处在中营养状态。综合营养状态指数逐年增加,到2007年达到峰值,为51.3。2007年以后富营养化程度有所降低。

表5 富营养化指数分级表

| 营养指数 | 营养状态 |
|--------------|-------|
| 指数 < 30 | 贫营养 |
| 30 ≤ 指数 ≤ 50 | 中营养 |
| 指数 > 50 | 富营养 |
| 50 < 指数 ≤ 60 | 轻度营养 |
| 60 < 指数 ≤ 70 | 中度富营养 |
| 指数 > 70 | 重度富营养 |

“两湖”蓝藻的变化:2002以来红枫湖水水质持续恶化,2007年红枫湖出现蓝藻暴发,全湖水体发绿、发臭,湖面漂浮蓝藻,水质急剧下降;2008年“两湖”蓝藻较2007年出现减少;2009年“两湖”蓝藻减少,红枫湖水体中仅3~8月出现藻类,但湖面未出现过大面积的漂浮物,仅在水里出现少量藻类。

表7 贵州天峰化工有限责任公司排污变化表 (mg/L)

| | 贵州天峰化工有限责任公司磷铵车间 (2003.1~2004.12) | 天峰公司硫酸车间 (2003.1~2004.12) | 天峰公司总排口 (2009.1~2004.12) |
|-----|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 氨氮 | 25.16 (超标0.7倍) | 6.42 | 0.389 |
| 总磷 | 5.34 | 5.21 (超标9.42倍) | |
| 磷酸盐 | | | 0.035 |

2.4.3 现代农业生产对红枫湖水体环境变化的影响

现代农业生产中大量使用化肥、农药,人类在享受它们带来农业丰收的同时,也在很大程度上污染了环境。农药、化肥在土壤中残留,其中的氮和磷通过大气、水体迁移等方式进入到湖泊水体中,导致了水体富营养化。此外,来自屠宰场和畜牧场的含有较多氮磷的废水也会进入湖泊水体。据2006年清镇市统计年报统计,清镇市辖区红枫湖沿湖耕地面积约1473.3hm²,沿湖农业面源排入红枫湖的污染物为:总氮1028.8t/a,总磷159.07t/a

a。其中排入红枫湖的农用化肥量为 949.99t/a，含总氮 436.99 t/a，总磷 104.49t/a^[5]。

2.4.4 江湖连通的变化与外河渠对红枫湖水体环境变化的影响

红枫湖从建成之日起，就是被人类控制的半封闭型水体。由于近几年来水量减少，取水量增大，水位不断下降，长期处于低水位、死水位，使得红枫湖水体自由交换或更新变得缓慢或不可能。主要通过取水、降雨和蒸发来实现水体的循环，这样的速度是有限的，不能使红枫湖中的污染物即时地迁移。可见，红枫湖的江湖连通在有效控制和治理其水体污染方面有积极的作用。

3 总结

(1) 2002~2009年间，红枫湖的水质变化呈现倒U型，2002年开始水质逐年恶化，到2006~2007年达到峰值。红枫湖7个水质监测点的IV类水以上出现的频率由2002~2003年的50%上升到2006~2007年的92%。2007年后水质开始明显好转，2009年II类、III类水出现的频率是46.4%，也没有大面积地出现水华。由此可见红枫湖水质恶化的趋势已经初步得到了控制，并有好转的迹象。

(2) 红枫湖的总磷、总氮和氨氮是影响红枫湖水质的重要污染因子，南湖的三岔河一带和腰洞以上区域是氮、磷超标最严重的区域，主要污染源为处于南湖的天峰化工有限责任公司和北湖的美丰化工（贵州化肥厂）。大坝、花鱼洞、后午的水质明显恶化，则是投饵养鱼、周边生活和旅游业直接污染的结果。2007年后随着天峰公司的关停、美丰化工生产污水的零排放和上游多家企业生活污水处理设施的建设运行，温流水养鱼、网箱养鱼的拆除，排入红枫湖的废水量大幅降低，水体氮、磷浓

度也有所下降。

(3) 随着各个监测垂线红枫湖氮、磷浓度的增加，红枫湖的富营养化程度在不断地加重，2007年综合营养状态指数达到峰值。不断发生的“黑水”、“缺氧死鱼”和“水华”事件表明，红枫湖的水环境质量趋于恶化并向更严重的富营养化程度发展。2007年后，政府采取严厉的治污措施，富营养化趋势开始有所减缓。

(4) 针对红枫湖水体富营养过程驱动力，当地政府已经在2008年完成拆除网箱养殖和温流水养殖；对天峰化工关停，2009年美丰化工生产污水实现了零排放；实施生物浮床工程，汲取红枫湖水中的氮、磷等元素。这是2008年以来，红枫湖水质质量好转的主要原因。下一步还要实施湖泊湿地保护和恢复工程，禁止围湖造田、围湖养殖，抓好生态治理和恢复。建立生态湖滨带，做好调水引流工作，加快水体循环交换，保证生态水位。提倡生态养殖，推广湖泊自然放养，充分发挥水生动植物对水体的净化作用；按照单向措施、分散治理向区域、流域整体转变原则，从单一水体污染防治向全流域综合防治转变，做到污染防治与流域经济社会发展规划相统筹。

参考文献：

- [1] 申德君, 张曼华, 刘燕, 等. 红枫湖水库富营养化现状分析 [J]. 贵州大学学报 (自然科学版), 2006, 5 (2).
- [2] GB3838-2002, 地表水环境质量标准 [S].
- [3] 贵州省环境监测中心. 红枫湖、百花湖水水质监测月报 (2002年-2009年) [R].
- [4] 庞磊, 庞增辉. 红枫湖、百花湖水体污染事件调查 [J]. 环保科技, 2007, 13 (3).
- [5] “十一五”规划第九期县干班. 红枫湖水资源治理保护的调研报告 [J]. 贵阳市委党校学报, 2008, (1).

An Analysis of Water Environment Changes of Lake Hongfeng (2002 - 2009)

XIAO Zhi - qiang¹, AN Yan - ling²

(1. Qingzhen Township Environmental Protection Bureau, Qingzhen Guizhou 551400 China)

Abstract: According to the detailed monitoring data, the water quality of Lake Hongfeng has been analyzed from 2002 to 2009. The results show that over the past eight years, the lake water quality has been ranged between Grade IV and Grade V, becoming a medium - eutrophicated lake. The deteriorating water quality is resulted from net - box, fenced and warm - flow aquaculture, industrial wastewater discharge, modernized agricultural production, connection of river and lake.

Key words: water environment; water pollution; development change; analysis; Lake Hongfeng

基于水质水动力模型的鱼洞水库 水污染物总量控制研究

张宁燕¹, 赵 磊¹, 王志芸¹, 朱 翔¹, 邹 锐²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 昆明诚锐环保科技有限公司, 云南 昆明 650002)

摘 要:以 CE-QUAL-W2 为平台, 对昭通市鱼洞水库的水质水动力进行了模拟, 很好地再现了水库水质的变化趋势和幅度。根据环境标准的不同解译方式计算了鱼洞水库在三种情景下的水环境容量: 情景 1 以鱼洞水库表层全年的逐日污染物浓度 100% 达标; 情景 2 以鱼洞水库表层全年 80% 时间内污染物浓度达标; 情景 3 以鱼洞水库表层全年 50% 时间内污染物浓度达标。情景 1 下, 鱼洞水库 TN、TP 负荷需要在现有基础上分别削减 50%、45%, 该方案风险较低, 但面临短期内经济与技术上的不可行, 可作为流域环境管理的长期目标; 情景 2 下, 鱼洞水库 TN、TP 负荷需在现有基础上分别削减 42%、15%; 情景 3 下, 洞水库 TN 负荷需在现有基础上削减 20%, TP 不需削减, 该方案可作为流域环境管理的近期目标。

关键词: CE-QUAL-W2 模型; 鱼洞水库; 水环境容量; 研究

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0035-06

1 引言

饮用水源地关系到居民生产生活, 保障饮用水源地的优良水质是我国政府非常重视的一项工作。然而, 随着社会发展, 我国的许多饮用水源地或多或少地出现了污染加剧、富营养化程度加深的趋势。对饮用水源地的水质水动力进行模拟, 制定总量控制方案, 是保障水污染控制措施具有针对性、科学性和系统性的重要手段。总量控制是指根据一个流域、地区或区域的自然环境和自净能力, 依据环境质量标准, 控制污染源的排污总量, 把污染负荷总量控制在自然环境的承载能力范围之内^[1]。总量控制的一个核心内容是根据水体保护目标准确核定污染物水环境容量, 采取合理的水质模型对水体的水动力水质过程进行模拟直接关系到水环境容量核算结果的准确性, 将决定环境管理成效^[2-5]。大型水库一般具有狭窄、水深的特点, 污染物进入水体后在垂直方向上通常具有明显的分异性, 而且局部或短期营养盐浓度过高都会直接刺激藻类暴发, 因此在开发具有实际意义的水质模型时必须充分考虑这些情况, 从而在水质模型中设定足够的时空分辨率, 并基于此开展水环境容量计算。

鱼洞水库是昭通市的重要饮用水源地, 目前水

库水质年度平均值总体评价为国家地表水Ⅲ类水质标准, 按照云南省地表水水环境功能区划, 鱼洞水库水质保护目标为Ⅱ类, 属于不达标的集中式饮用水源, 并且出现了水库水色频繁发生异常变化的现象。目前鱼洞水库仅有水质常规监测和部分年份的水生态观测, 尚未开展过水质水动力模型的相关研究工作。CE-QUAL-W2 是由美国陆军工程兵团开发出来的高级水动力水质模型, 用于模拟湖泊、水库、海湾、河流等地表水数值模型软件。本文以 CE-QUAL-W2 模型为平台, 构建了鱼洞水库水质水动力模型, 模拟了营养盐在水体里的水质过程。在此基础上, 以对地表水环境标准中两个不同安全度水平上的解译为出发点, 核算不同情景下的水环境容量, 为鱼洞水库水环境管理奠定基础。

2 模型框架

2.1 鱼洞水库流域

鱼洞水库位于昭通市, 属金沙江水系横江支流洒渔河, 水库正常蓄水位黄海高程 1985m 时水面面积 13.57km², 库岸线长 157km。鱼洞水库系拦截居乐河而成, 控制流域面积 709km², 水库地势自西北向东南倾斜, 山岭陡峻, 河谷深切, 流域平均宽度 8.8km, 平均高程 2241m。总库容 3.64 × 10⁸m³ (其中死库容 0.78 × 10⁸m³, 调节库容 2.73 × 10⁸m³, 调洪库容 0.38 × 10⁸m³)。由于保护区内人口增长、社会经济活动强度增大, 加之农业生产粗放、产业布局不尽合理, 大量施用农药、化肥等

收稿日期: 2012-02-16

作者简介: 张宁燕 (1981-), 女, 云南省个旧市人, 助理工程师, 主要从事环境管理研究。

因素,使水库水质呈现下降的趋势。监测结果表明,鱼洞水库 TN 超过了地表水 III 类标准,富营养化状态有贫营养向中富营养发展的趋势,主要入库河流雨季水质为劣 V 类,有机污染特征较为明显。开展鱼洞水库的水质模拟研究以获取对水库内部水质与外源污染物负荷的定量响应关系,并为流域管理提供科学的决策支持是迫在眉睫的任务。

2.2 水动力-水质模型

要探索鱼洞水库污染源与水质的响应关系,最理想的情况是开发基于三维空间精度的富营养化模型对鱼洞水库的水位、水质及藻类响应的全方位动力情况进行模拟预测。但是受限于基础数据的缺乏,合理的选择是对鱼洞水库针对国家标准的水质成分 TN、TP 及 COD 进行建模,从而实现对环境容量的定量评估。我们采用国际上经过广泛测试研发的 CE-QUAL-W2 模型作为本研究的模型框架。

CE-QUAL-W2 模型是一个用 FORTRAN 语言编码的二维、纵直两向水动力与迁移模型。模型含有 5 个控制方程用来描述水动力情况,包括连续性方程, x-动量方程, z-动量方程, 状态方程以及自由表面方程。以下是 CE-QUAL-W2 模型中用来描述水动力学情况的控制方程:

x-动量方程:

$$\frac{\partial UB}{\partial t} + \frac{\partial UUB}{\partial x} + \frac{\partial WUB}{\partial z} = gB\sin\alpha + g\cos\alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g\cos\alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xz}}{\partial z} + qBU_x \quad (1)$$

z-动量方程:

$$0 = g\cos\alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (2)$$

连续性方程:

$$\frac{\partial UB}{\partial x} + \frac{\partial WB}{\partial z} = qB \quad (3)$$

状态方程:

$$\rho = f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS}) \quad (4)$$

自由表面方程:

$$B_{\eta} \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_{\eta}^h UB dz - \int_{\eta}^h qB dz \quad (5)$$

式中, U = 水平速度, m/s; B = 时空变化的表面宽度, m; t = 时间, s; x = 沿水表层体中心线的纵向笛卡尔坐标值, 右侧为正; z = 垂向笛卡尔坐标, 向下规定为正方向; g = 重力加速度, 9.8m/s^2 ; α = 河道倾斜角, 以角度表示; η = 水面高度, m; ρ = 密度, kg/m^3 ; τ_{xx} = 控制体 x 面、x 方向的湍流切应力, m^2s^{-2} ; τ_{xz} = 控制体 z 面、x 方向的湍流切应

力, m^2s^{-2} ; U = 主河道 x 方向的速度分量, m/s; P = 压力, N/m^2 ; q = 立面边界流入、流出量, m^3/s ; W = 垂向速度, m/s; h = 相对地平面高度, m; B_n = 表面宽度, m; q = 立面流的源与汇, $\text{g/m}^3\text{s}$; $f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS})$ = 依赖于温度 (T_w)、总溶解固体物浓度与盐度含量 (Φ_{TDS}) 及无机悬浮颗粒物浓度 (Φ_{SS}) 的密度函数; Φ = 立面成分浓度, g/m^3 。

模型中各水质组分的迁移转化关系需要用在源汇项中表示出的动力反应速率来计算。水质迁移转化的控制方程为:

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial UB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial WB\Phi}{\partial z} - \frac{\partial(BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x})}{\partial x} - \frac{\partial(BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z})}{\partial z} = q_{\Phi}B + S_{\Phi}B \quad (6)$$

式中, Φ = 立面内各组分浓度, g/m^3 ; D_x = 温度与组分纵向弥散系数, $1/\text{m}^2\text{s}$; D_z = 温度与组分垂向弥散系数, $1/\text{m}^2\text{s}$; q_{Φ} = 立面单位体积内流入、流出量变化率, $\text{g/m}^3\text{s}$; S_{Φ} = 立面源汇项, $\text{g/m}^3\text{s}$ 。

2.3 模型构建

鱼洞水库水质水动力模型的构建包括模型网格生成、时间跨度确定、初始条件以及边界条件界定等。在本研究中,由于缺乏数据对模型边界条件进行空间解析,因此无法进行鱼洞水库水质空间分布的动态模拟。基于有限的条件,合理的选择就是在水平上不对湖泊进行网格划分,而只在垂直方向解析水动力状况。此类水平空间整合的模型方法往往计算效率高,而且可以帮助回答各种流域水资源或污染控制措施对湖泊整体水质影响的问题。当然,如果决策者关心的是鱼洞水库某些关键区域的水质改善,或需要确定不同水库运行方案对局部水质改善的影响,那么,就必须收集相应的数据支持高精度的三维水质水动力模型研究。

基于水平空间整合的技术方案,鱼洞水库水体被划分为均匀厚度的 43 层,每层 2m,这样在模型里整个水体最深处 86m,与实际鱼洞水库深度基本吻合。在深度吻合后,还需确定模型网格的水位-体积曲线与实际测量到的数据吻合。图 1 比较了模型曲线与实际数据。显然,模型网格很准确地近似了观测到的数据,表明模型对地形的代表具有很高的可靠性。

模型的模拟时间跨度以 2009~2010 年研究期间为准,即模型起始点定为 2009 年 1 月 7 日,模型终止点定为 2010 年 9 月 26 日。之所以结束点定

为2010年9月26日,是因为在模型开始研发时,9月26日的数据是最新的一批完成了整理和质量控制检验的数据,特别是水库的逐日水位观测数据。针对这个模拟时间跨度,模型模拟的初始条件就以2009年1月7日的监测数据为依据,并经前处理成为CE-QUAL-W2模型的格式。

模型的边界条件包括水文边界条件,水质边界条件,以及气象边界条件。各个边界条件获取的方法如下:

水文边界条件是根据水库的出流、水位、蒸发以及降雨等数据经水量还原计算得到,并采用CE-QUAL-W2附带的水平衡计算工具经过反复迭代计算修正。

气象边界条件包括气温、露点温度、风速、风向、雨量、太阳辐射等。由于鱼洞水库流域内没有气象观测站,建模过程中,我们采用临近的昭通市气象站的逐日观测数据,并处理成为模型兼容格式的气象边界条件。

水质边界条件为水库入流的污染物浓度,在鱼洞水库模型中主要为TN、TP的入流浓度,采用本

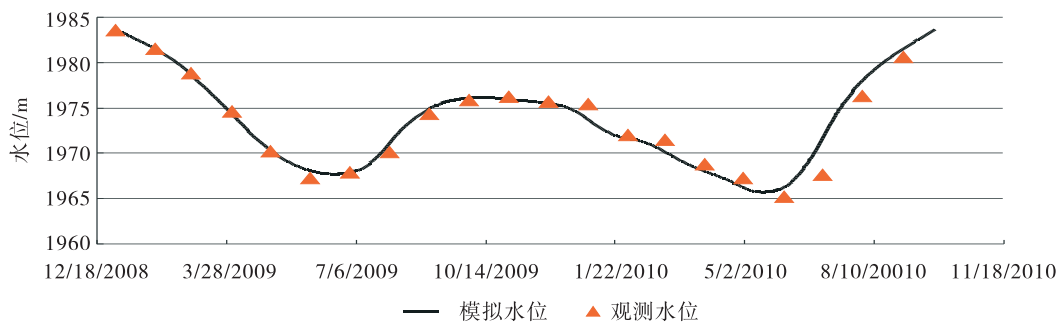


图2 鱼洞水库水位校正结果

对于淡水水体的水质水动力模型,几乎所有的主要的水质动力学过程都与水温高度相关。水温是模型中最重要的一个校准参数,如果一个模型可以再现观测到的水温,一般就可视为已很好地模拟了流体动力学的物理过程和热量平衡。此外,良好的水温模拟是准确校准水质模型的必须条件。在水位校正确定水平衡后,水温校正将进一步验证鱼洞水库水动力模型对湖体的热力学平衡和动力的模拟能力。对鱼洞而言,主要的热平衡过程与影响因子包含太阳辐射、气温-水温交换、大气逆辐射、风以及蒸发等。CE-QUAL-W2模拟了所以这些过程,其结果见图3。图3显示,本研究所建立的水动力模型较好地实现了对鱼洞水库热平衡关系的模拟。

3.2 鱼洞水库水质模拟与校验

水质模型的校准过程要对其中的关键模型参数

研究在鱼洞水库的污染源负荷核算结果。

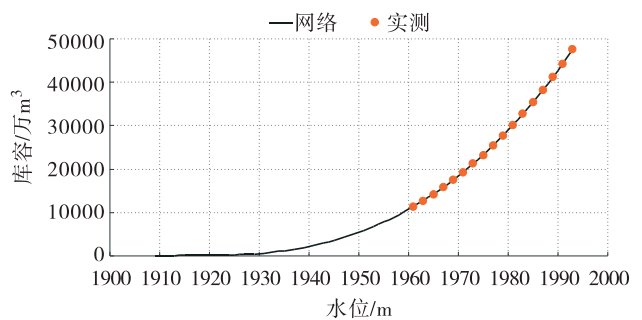


图1 模型网格与实际测量的水位-体积曲线

3 结果与讨论

3.1 鱼洞水库水动力模拟与校验

模型水动力模拟与校验包括2个部分,一是水量校验,采用观测水位对水量进行校验;二是热平衡校验,采用逐月实测水温进行校验。

水量校正是鱼洞水库水动力-水质模型校正的基础。图2的水位校正结果显示,本研究所建立的鱼洞水库水动力-水质模型可有效实现对鱼洞水库水位和水量平衡关系的模拟。

进行调整,并同时将模型模拟值与水质观测数据进行比较。这个过程将重复很多次直到模型模拟值能够重现多个水质成分的观测趋势为止。过程结束时所得到的模型参数值将被作为校准值用于之后的水质管理情景分析中。

鱼洞水库水质模型是建立在原先所校验的水动力模型基础上。水动力模型从2009年1月1日开始运行,在运行7个月之后对水质系统进行初始化。具体而言,水动力模型从2009年1月1日开始运行7个月,产生的水深、温度被用来作为水质模拟的起点。尔后基于已经校验的水动力模型开发水质模型,模拟的时间段为2009年9月1日至2010年9月26日。

图4列出了鱼洞水库入库、中央和库前3个断面TN、TP实测平均值与水质模拟值的比较结果,

从变化曲线中可清晰地看到：除少数测值与模拟计算的吻合度。多数测点值与模拟计算值有较好

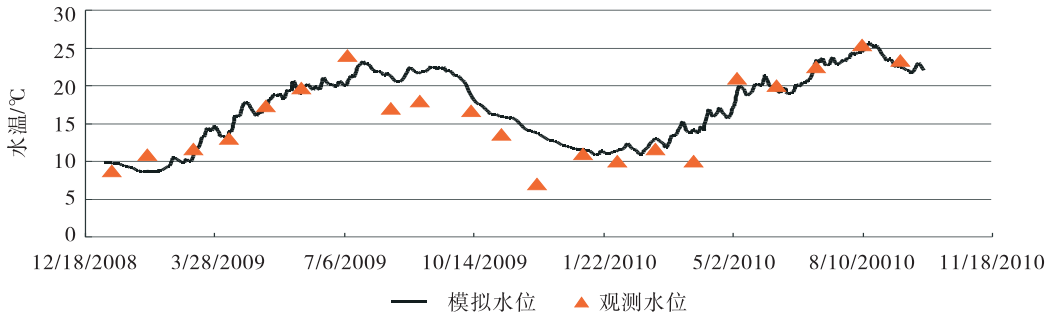


图3 鱼洞水库水温校正结果

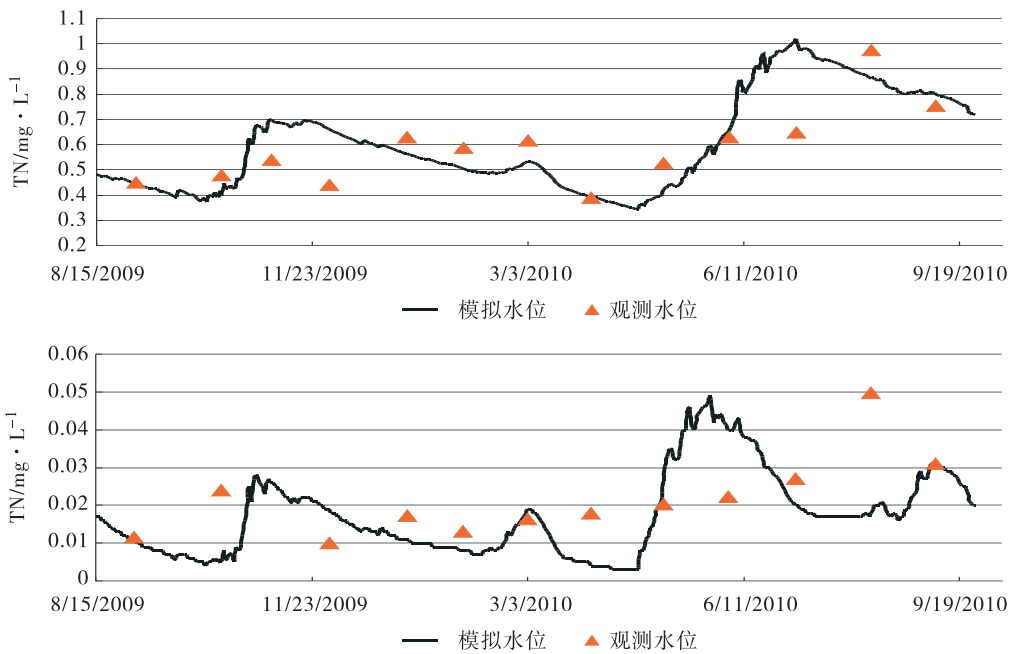


图4 鱼洞水库水质校正结果

3.3 垂向分层模拟的必要性

图5为不同时间湖水纵切面的水质模拟图，用来探讨污染物进入鱼洞水库以后在垂直方向上营养物质浓度的变化情况。为了使TP、TN可以在同一尺度上具有可比性，作图时，将TP的浓度扩大了40倍，与TN展现在一个坐标系中。图中的营养盐浓度是按水质模型的垂向分层划分的，其中数字较小的层数为水体表层，第36层为底层。显然，污染物进入鱼洞水库后，其向深水处有个垂向扩散的过程。由图5可见，随着深度的增加，TP、TN浓度整体上呈现下降的趋势。两图都处于丰水期，大量流域污染负荷沿着河流进入水库中，导致表层湖水TN浓度在短期内显著上升，而相应的深层湖水则浓度要明显低一些。在模拟的第546d，较深处湖水的TN、TP受到入湖负荷的强烈冲击，保持在比

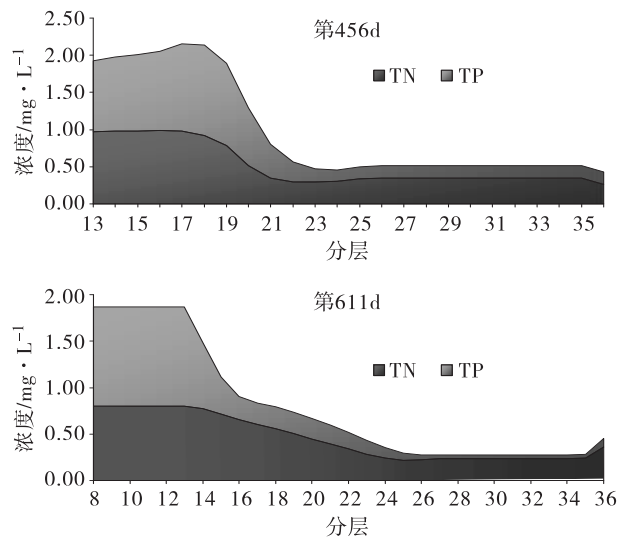


图5 鱼洞水库不同时间垂向纵切面营养盐浓度变化

上层的浓度低得多的水平。相似的,第611d模型也显示了相似的趋势。

上述结果与分析显示,污染物进入鱼洞水库后在垂直方向存在比较强的分异性,因此,在进行水环境容量分析时必须考虑到这一点,确定合理的水环境容量计算方法。如果将整个水库从表层到底层作为一个整体来计算水环境容量的话,将会大大高估鱼洞水库能够容纳的污染负荷,从而产生风险很高的管理决策。水库富营养化的关键因子是在透光层的营养盐含量,因为在这个水层中的营养盐能够直接刺激藻类暴发。基于这个考虑,用于鱼洞水库水环境容量计算的水质模型必须是在垂向分层,以便充分表示垂直方向上的营养盐迁移转化过程与分异性。在完成开发水质水动力模型后,水环境容量的计算则应该以表层水的营养盐浓度作为关心点以获取比较安全的环境容量结果。在此要注意的是从表层到底层的营养盐浓度下降趋势是针对丰水期降雨径流之后的情况。对于枯水季节则经过较长时间的混合以及一定的内源影响后,有可能形成下层水浓度高的情形。这些现象的深入分析将有赖于今后研究中通过数据收集与更精细的模型研究,将外源与内源以及藻类动力联系起来进行全面系统的量化考虑。

4 鱼洞水库水质达标情景分析与容量计算

4.1 水质目标解译与情景设计

在进行水环境容量计算之前,必须明确地对环境质量标准进行解译。以TP为例,虽然GB3838-2002规定了集中式饮用水源地的TP浓度必须 $\leq 0.025\text{mg/L}$,但是应该对这个标准如何解译使之与容量计算相匹配则是个因地制宜的问题。对鱼洞水库而言,对这个浓度标准最严格的解译为水库表层每天的TP浓度都必须 $< 0.025\text{mg/L}$ 。另一种比较宽松的解译方案则是水库全年表层污染物浓度在50%的时间里达到标准,即在整个一年里中值浓度应达到目标浓度平均浓度。除了以上两种典型的解译方式,还有介于两者之间的解译方案,如全湖每月表层平均浓度,此方案要求鱼洞水库表层TP浓度每月的平均值 $\leq 0.025\text{mg/L}$ 。显然,对于同样的水质标准,不同的解译方法将导致不同的水环境容量。换言之,对一个特点水体而言,水环境容量本身不是一个绝对量,而是相对于决策管理风险和技术经济可行性的量。例如,当要求对鱼洞水库水质超标的风险很小时,那么相应于第一种环境标准解译方案的环境容量就应该成为决策依据;反之,如

果决策者能够容忍一定的水质风险时,那么相应于第二种环境标准解译方案的环境容量就可以作为依据。除了上述两种解译方案之外,还可能存在一些中间性的解译方案,例如允许5%的超标率,10%的超标率等。这是在决策过程中,通过科研部门与决策管理部门互动后,针对决策管理部门提出的需求而要开展的深入决策支持研究课题。

综上所述,由于流域污染控制方案实施将是一个长期渐进的过程,水环境容量是为方案实施确定长期和分阶段的总量控制目标提供依据,因此本研究水环境容量计算的水质目标设定为3种情景:

情景一:以鱼洞水库表层每日污染物浓度作为标准解译,该标准为最严格标准,要求水库表层的污染物浓度每天都达标,为100%保证率达标;

情景二:以鱼洞水库表层全年80%时间内污染物浓度作为标准解译,该标准为中间要求,要求水库表层的污染物浓度在80%的时间内达标,为80%保证率达标;

情景三:以鱼洞水库表层全年50%时间内污染物浓度作为标准解译,该标准为宽松要求,要求水库表层的污染物浓度在50%的时间内达标,为50%保证率达标。

4.2 情景一:以鱼洞水库表层每日污染物浓度作为标准解译

按照情景一的标准,鱼洞水库目前的污染负荷已经远远超过容量要求,需要TN负荷在现有基础上削减50%,TP负荷削减45%。以2010年水文条件为负荷计算条件,则在此解译方案下鱼洞水库的TN水环境容量为214t/a;TP环境容量为18t/a。

情景一要求流域管理部门严格控制流域污染物,绝对不允许污染物负荷进一步增加;相反,必须实施流域污染负荷削减工程与管理措施,大幅度削减污染物负荷,从而确保鱼洞水库的敏感水层(表层水)在任何时候都能满足Ⅱ类水标准。此情景是对鱼洞水库保护最有利的方案,控制极端营养盐浓度在Ⅱ类水质下,大大降低藻类过多生长的风险,使水库水质可持续地保持良好。

4.3 情景二:以鱼洞水库表层全年80%时间内污染物浓度作为标准解译

情景二按水库表层污染物浓度中值来评估,需要TN负荷在现有基础上削减42%,TP负荷削减15%。以2010年水文条件为负荷计算条件,则在此解译方案下鱼洞水库的TN水环境容量为240t/a;TP环境容量为15t/a。

4.4 情景三：以鱼洞水库表层全年50%时间内污染物浓度作为标准解译

情景三为最宽松要求，需要TN负荷在现有基础上削减20%，TP不需要削减。以2010年水文条件为负荷计算条件，则在此解译方案下鱼洞水库的TN水环境容量为343t/a。

4.5 三种情景可行性分析

情景一虽然能够很好地保护鱼洞水库水质，但可能导致比较严格的管理目标，在短期内会面临经济和技术上不可行的局面，尤其是TN的控制；情景三是对Ⅱ类水质标准比较宽松的解译，仅要求在年平均的基础上水质浓度能够达标。这个方案忽略了短期峰值浓度可能对湖泊生态系统产生的危害，可能导致鱼洞水库流域管理中目标过低，从而引起水库水质恶化的后果，但该方案削减要求较小，是短期内完全能够实现的目标，可作为短期实施的依据；情景二为折中方案，可作为中期目标。

5 结论

(1) 本研究基于CE-QUAL-W2构建了鱼洞水库水质水动力模型，模型水位校验和温度校正结果真实地再现了由于耦合的水动力和热力学过程而形成的水体自然物理状况，水质变化趋势和幅度与观测值吻合得非常好，精度很高，完全可用于水质变化原因分析、负荷削减的水质响应分析以及环境管理。

(2) 水污染物进入水库后存在明显的垂向分异性，表现为在雨季大量污染物冲击性进入水库导致表层湖水污染物浓度在短期内显著上升，而相应的深层湖水则浓度要明显低一些。对于具有明显污染物浓度和热力学分层的狭窄型大型水库，用于水环境容量计算的水质模型必须是在垂向分层，同时应该以水体表层作为水质达标评估层以获取比较安全的水环境容量结果。

(3) 水环境容量是一个与环境标准解译方式、

管理风险以及管理目标密切相关的值，而不是一个绝对量。环境标准的解译取决于决策者能够容忍的环境风险、污染治理能够投入的资金以及达到治理目标所需的时间，对于狭窄型大型水库，环境标准可按照水体表层水质年内100%、80%及50%达标率来解译。如果对环境标准进行比较保守和严格的解译，则得到的水环境容量将具有较高的环境安全性；反之则可能得到比较宽松的水环境容量，这就相应地会有比较大的水质风险。

(4) 本文确定了3种环境标准解译作为水环境容量计算的基准目标，情景一以鱼洞水库表层全年的逐日污染物浓度100%达标；情景二以鱼洞水库表层全年80%时间内污染物浓度达标；情景三以鱼洞水库表层全年50%时间内污染物浓度达标。情景一下，鱼洞水库TN、TP负荷需要在现有基础上分别削减50%、45%，该方案风险较低，但面临短期内经济与技术上的不可行，可作为流域环境管理的长期目标；情景二下，鱼洞水库TN、TP负荷需在现有基础上分别削减42%、15%；情景三下，洞水库TN负荷需在现有基础上削减20%，TP不需削减，该方案可作为流域环境管理的近期目标。

参考文献：

- [1] 孟伟. 流域水污染物总量控制技术与示范 [M]. 北京：中国环境科学出版社，2008.
- [2] 陶亚. 基于EFDC模型的深圳湾水环境模拟与预测研究 [D]. 北京：中央民族大学，2010.
- [3] 陈英旭，方晓波，张建英，等. 基于QUAL2K模型的钱塘江流域安全纳污能力研究 [J]. 环境科学学报，2007，27 (8).
- [4] 方晓波，史铁锤，王飞儿. 基于WASP的湖州市环太湖河网区水质管理模式 [J]. 环境科学学报，2010，30 (3).
- [5] 尹大强，柯强，赵静. 最大日负荷总量 (TMDL) 技术在农业面源污染控制与管理中的应用与发展趋势 [J]. 生态与农村环境学报，2009，25 (1).

A Research on Total Load Control of Water Pollutants in Yudong Reservoir Based on Water Quality Hydrodynamic Model

ZHANG Ning-yan¹, ZHAO Lei¹, WANG Zhi-yun¹, ZHU Xiang¹, ZOU Rui²

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

Abstract: This study has simulated the hydrodynamic water quality of Yudong Reservoir in Zhaotong Municipality based on CE-QUAL-W2, which has reproduced the water quality change of the Reservoir. The water environmental capacity of the Reservoir has been calculated under three different scenarios. The surface water quality is in

滇池湿地环境影响评价指标体系研究

杨苓彬

(西山区环境保护监测站, 云南 昆明 650100)

摘要: 根据压力-状态-响应 (Pressure-State-Response, PSR) 框架模型, 针对滇池目前生态环境问题, 以滇池为对象、生态环境影响源为压力, 构建滇池湿地环境影响评价指标体系; 采用 ANP 结构模型, 进行滇池湿地环境影响评价指标权重分析, 并利用模糊综合分析对结果进行评估, 在此基础上, 确定滇池湿地环境影响评价指标的指标权重。

关键词: 环境影响; 指标体系; 研究; 滇池湿地

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0042-06

1 研究目的及意义

湿地是陆地生态系统和水生生态系统相互作用形成的独特的生态系统, 是人类最重要的生存环境和自然界最富生物多样性的生态景观之一。我国湿地面积为亚洲第一、世界第四^[1], 但人均占有量极低, 地区分布很不平衡, 可利用的资源量不多, 湖泊率仅为 0.95%^[2], 且集中分布于长江中下游平原和青藏高原; 沼泽率为 1.24%, 主要分布于东北三江平原、大小兴安岭和西部若尔盖草原^[3]。在现存的天然湿地中, 至今未遭到人类强烈开发的湖泊、沼泽和河流, 基本位于我国西部生态脆弱地区。滇池湿地是典型的高原湖泊湿地, 具有防洪、供水、旅游、渔业、调节气候等多种功能, 是维系滇池盆地生态平衡的核心, 是支撑昆明市国民经济建设和社会事业发展的基础。但近 30a 来, 随着经济发展和城市规模的扩大, 滇池湿地生态环境恶化现象日趋严重, 使昆明市的城市发展和城市品位受到了强烈的限制, 也使区域生态系统平衡面临严峻的挑战。

识别湿地环境影响评价中的关键、重要指标, 开展湿地环境影响评价是湿地资源可持续利用的前提。目前, 滇池正面临着保护、恢复与开发建设的双重压力, 开展滇池湿地环境影响评价指标体系研究, 对于滇池湿地的保护与可持续利用至关重要。

2 研究内容及方法

2.1 研究的主要内容

(1) 基于对湿地生态系统特性的考虑, 参照当前评价体系的相关评价模型, 进行湿地环境影响评价指标的识别、评价方法的选择和评价指标体系的建立。

(2) 实例验证。将所建立的评价体系应用到实例中进行检验, 并利用验证结果对体系进行修正。

2.2 研究方法

(1) 根据压力-状态-响应 (Pressure-State-Response, PSR) 框架模型, 针对滇池目前生态环境问题, 以滇池为对象、生态环境影响源为压力, 对影响源压力不同状态不同的响应模型开展评价, 通过逻辑结构分析, 定量与定性结合, 构建滇池湿地环境影响评价指标体系;

(2) 采用 ANP 结构模型, 进行滇池湿地环境影响评价指标权重分析, 并利用模糊综合分析对结果进行评估, 在此基础上, 确定滇池湿地环境影响评价指标的指标权重。

3 滇池湿地环境影响评价指标体系构建

3.1 滇池湿地生态环境影响评价模型

在区域湿地生态环境评价及其指标选择方法中, 工作的目的不同, 指标选择方法和侧重点也会有所不同。针对生态问题、生态治理措施等的区域环境质量评价中, 基于环境压力的指标选择及环境暴露指标选择方法居多; 针对常规的区域生态监测与评价工作中, 为满足生态环境管理和决策的要求, 近些年, 科学家们设计了一些评价指标体系的概念框架, 其中 OECD (联合国经济合作开发署) 建立的压力-状态-响应 (Pressure-State-Response, PSR) 框架模型被广泛承认和使用^[4]。

本文根据压力-状态-响应 (Pressure-State-Response, PSR) 框架模型, 针对滇池目前生态环境问题, 以滇池为对象, 生态环境影响源为压力, 以影响源压力不同状态不同的响应模型开展评价, 如图 1 所示。

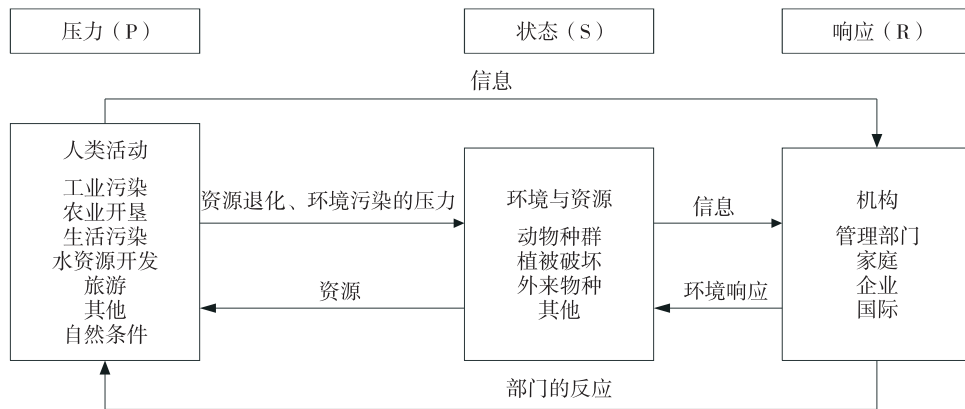


图1 滇池压力-状态-反应 (PSR) 模型

这一框架模型具有非常清晰的因果关系，即人类活动和自然条件变化对滇池环境施加了一定的压力；因为这个原因，滇池环境状态发生了一定的变化；而滇池周边社会应当对环境的变化做出反应，以恢复环境质量或防止环境退化。而这3个环节正是决策和制定对策措施的全过程。

3.2 滇池湿地环境影响评价指标体系的构建

指标体系的设置方法有很多种，如专家调查法、功能图示法、典型分析法。但是所有这些方法都需要经历下面4个步骤：目标确定、建立指标预选集、指标筛选、建立指标体系。本文根据环境影响评价指标的选取原则，结合湿地环境影响评价指标构建流程与方法，并针对滇池高原湖泊湿地的特点，建立滇池湿地环境影响评价指标（表1）。

表1 滇池湿地环境影响评价指标

| 一级指标 | 二级指标 |
|----------|--------------|
| 自然条件 (A) | 构造运动 (A1) |
| | 气候变化 (A2) |
| | 泥沙淤积 (A3) |
| | 水位变化 (A4) |
| 人为活动 (B) | 水资源利用 (B1) |
| | 农业开垦 (B2) |
| | 工业污染 (B3) |
| | 生活污染 (B4) |
| | 植被破坏 (B5) |
| | 动物种群改变 (B6) |
| | 外来物种的引入 (B7) |
| | 旅游业发展 (B8) |
| | 工程项目的建设 (B9) |

4 基于 ANP 的滇池湿地环境影响指标权重分析

4.1 滇池湿地环境影响指标 ANP 结构图构建

ANP (网络分析法) 将系统元素划分为两大部分。第一部分称为控制因素层，包括问题目标及决策准则。所有的决策准则均认为是彼此独立的。

控制因素中可以没有决策准则，但至少要有1个目标。控制层中每个准则的权重均可用传统 AHP (层次分析法) 方法获得。第二部分为网络层，它由所有受控制层支配的元素组成，它们形成互相影响的网络结构。根据表1中的评价指标，从结构上加以分解，构成 ANP 评价模型。在模型中，首先将系统元素分为两大部分。第一部分为控制元素层，包括决策目标及决策准则。控制层有两个因素：自然条件和人为活动。所有的决策准则均被认为是彼此独立的，且只受目标的支配。第二部分分为网络层，它是由所有受控制层支配的元素组成，其内部是相互影响的网络结构。

对指标体系里的每一个指标的构建原因进行了分析比较，并对所有指标进行两两关联度分析，得出所有指标之间的相互关系图。在请教了几位专家后进行了修改，得出了最终的 ANP 结构图，最终构造出来的 ANP 结构，具有一定的合理性，具体如图2所示。

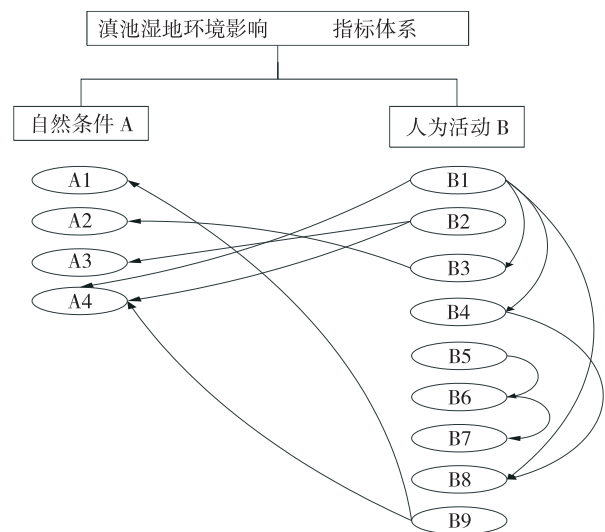


图2 滇池湿地环境影响指标选择ANP结构图

建立了网络层次结构以后，接下来就要分析元素与元素之间的关系。本超级决策模型中指标与指标之间的影响关系和重要程度的比较是通过专家调查法得来的，对于元素之间关系的判断，如果一半以上的被调查对象认为两元素之间存在影响和被影响的关系，则认为此关系成立。在进行元素重要程度比较过程中，将元素的重要程度用1~9标度表示，1、3、5、7、9分别表示：两元素相比，前者比后者同样重要、稍微重要、明显重要、强烈重要、极端重要。2、4、6、8则表示重要性居中。

反之则取倒数。元素间的重要程度取专家对其重要程度判断的平均值。

4.2 滇池湿地环境影响评价指标权重计算

要在 Super Decision 软件中建立滇池湿地环境影响评价指标的网络结构图，首先要建立元素集。此处元素集即为前面建立的2个元素集，各元素内的元素即为相应子系统的评价指标。确定了元素与元素之间的关系，元素集与元素集之间的关系也就确定了。根据调查结果，在 Super Decision 软件中输入元素和元素之间的关系，即可得到如图3所示的界面。

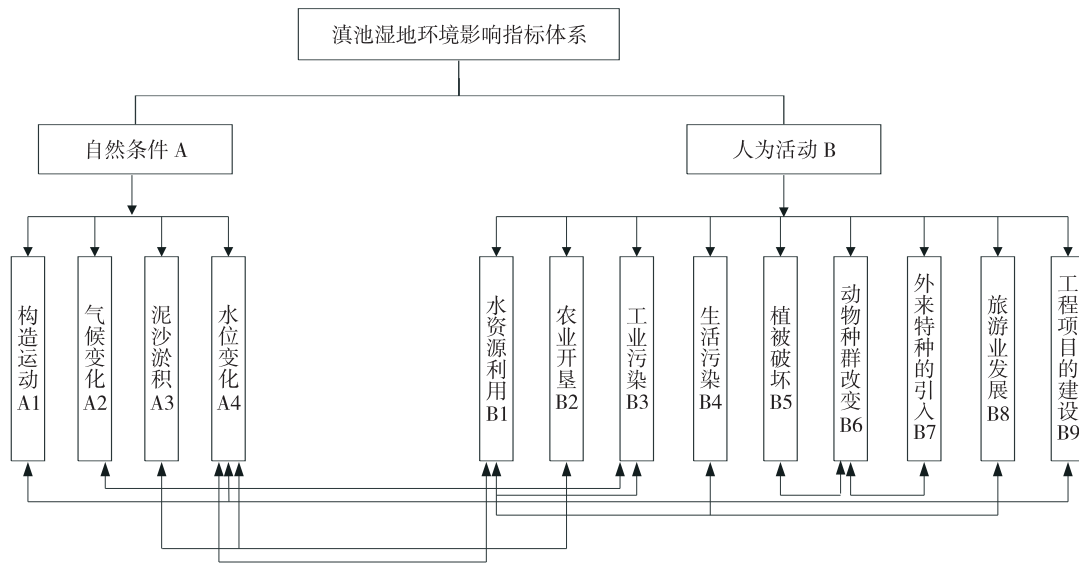


图3 ANP结构中各元素之间的关系

4.2.1 判断矩阵的建立

在明确元素关系条件下，元素集与元素集及元素与元素分别进行两两比较，获得判断矩阵。在 Super Decision 软件中，只要上面的关系建立好了，所有的判断矩阵的形式也都有了，只要根据专家的判断结果，将具体的数据输入到软件就可以了。需要指出的是，如果在某评价准则 c_j 下，元素集内的某些元素与 c_j 无关，则其对应的值为零。

4.2.2 构造超级矩阵

在 Super Decision 软件中输入完两两元素重要性比较的结果，经过一致性检验后，在每个准则下，利用 Computation 功能可以得到一个 15×15 阶的初始超矩阵，通过归一化处理，得到加权超矩阵。对得到的加权矩阵进行足够大的幂次运算直至各行趋于一致，且基本保持稳定，此时可得到相应的权重。

4.2.3 权重的计算

由于本模型在控制层设计了2个准则，即自然条件和人为活动，在每个准则下会得到一个极限超

矩阵，即每个准则下对应一组权重向量。根据每个准则的权重，把每组权重向量加权求和可得到最后各指标的综合权重。控制层的自然条件和人为活动两个准则可以由层次分析法得到其权重，分别为：0.4398、0.5602。

将权重合成可得到所有指标的综合权重为：

$$W = [0.1032 \ 0.1276 \ 0.0987 \ 0.1021 \ 0.0876 \ 0.0743 \ 0.0654 \ 0.0676 \ 0.0509 \ 0.0703 \ 0.0509 \ 0.0798 \ 0.0786]$$

4.3 基于 ANP 指标权重结果的评价

从表2来看，采用 ANP 方法与 AHP 方法评价出的最后结果在数值上有较大的变化。比较 AHP 法和 ANP 法计算的结果，可以看出用 AHP 法和 ANP 法求得的结果数值上存在较大差异。从结果来看可知自然条件因素和人为因素相差都很大，其中差别最大的是植被破坏的权重。引起这一差别的原因主要是 AHP 法中没有考虑各因素之间的影响关系，认为他们之间相互独立。但在实际过程中，各个风险之间存在着关联关系，这也说明了当评价

指标间存在相互联系时, ANP 法比 AHP 法更符合实际情况。

各指标权重的排序没有发生太大的变化, 主要是因为不管是 AHP 法, 还是 ANP 法, 在求权重的过程中都是采用专家依据自己的经验和知识对其指标进行两两比较打分, 根据打分的结果求出不同的权重值。同样的专家在采用不同的计算方法时, 对某一个指标的重要性的判断都是一样的。因而从整体上来说, 采用不同的计算方法, 求得的权重结果排序也大致一样。

表 2 ANP 与 AHP 求解的结果

| 准则层 | ANP/ AHP 权重 | 网络层 元素 | ANP/ AHP 权重 |
|--------------|-------------------|--------------|----------------|
| 自然 条件 (A) | 0.4398/ 0.4029 | 构造运动 (A1) | 0.1032/0.0978 |
| | | 气候变化 (A2) | 0.1276/0.1167 |
| | | 泥沙淤积 (A3) | 0.0987/0.8976 |
| | | 水位变化 (A4) | 0.1021/0.1232 |
| 人为 活动 (B) | 0.5602/ 0.5971 | 水资源利用 (B1) | 0.0876/0.0903 |
| | | 农业开垦 (B2) | 0.0743/0.0821 |
| | | 工业污染 (B3) | 0.0654/0.0643 |
| | | 生活污染 (B4) | 0.0676/0.0704 |
| | | 植被破坏 (B5) | 0.0509/0.0628 |
| | | 动物种群改变 (B6) | 0.0703/0.0801 |
| | | 外来物种的引入 (B7) | 0.0509/0.0673 |
| | | 旅游业发展 (B8) | 0.0798/0.0804 |
| | | 工程项目的建设 (B9) | 0.0786/0.0805 |

网络分析法是一种能用来处理具有反馈和相关关系的复杂决策问题的定量化方法, 它用超矩阵的形式来定量地表示影响程度的大小, 使得 ANP 比 AHP 更能反映客观实际问题的复杂性。但 ANP 比 AHP 需要更多的比较和计算来处理各种交互作用, ANP 和 AHP 都需要一定的计算机软件来实现, 特别是 ANP, 没有程序来实现, 要分析问题, 即使是一个简单的问题, 也是非常复杂和困难的。从上面的计算结果可以看出, 根据各指标对总目标的影响程度的排序值, 可以得知哪些指标对滇池湿地环境具有重要的影响。

4.4 基于模糊综合分析法的滇池湿地环境影响指标体系评估

根据以上步骤和方法, 本文对滇池湿地环境影响评价指标体系中各个指标对滇池湿地环境的影响进行模糊综合分析。

为了使本文的研究和分析更加合理性和科学化, 本文采用了专家打分的方式, 向 16 位专家发

放问卷, 根据各个指标对滇池湿地环境的影响进行打分, 依据其影响程度划分为 {很小, 较小, 一般, 较大, 很大} 5 级, 分值在 [0, 1] 之间, 分值越大, 影响程度越大。然后再将各个专家的打分进行加权平均, 最终得到如表 3 的结果。

表 3 滇池湿地环境影响指标的专家调查

| 一级指标 | 二级指标 | 专家打分 |
|----------|--------------|------|
| 自然条件 (A) | 构造运动 (A1) | 0.8 |
| | 气候变化 (A2) | 0.6 |
| | 泥沙淤积 (A3) | 0.6 |
| | 水位变化 (A4) | 0.8 |
| 人为活动 (B) | 水资源利用 (B1) | 0.7 |
| | 农业开垦 (B2) | 0.6 |
| | 工业污染 (B3) | 0.6 |
| | 生活污染 (B4) | 0.6 |
| | 植被破坏 (B5) | 0.7 |
| | 动物种群改变 (B6) | 0.5 |
| | 外来物种的引入 (B7) | 0.4 |
| | 旅游业发展 (B8) | 0.6 |
| | 工程项目的建设 (B9) | 0.6 |

根据以上专家调查的结果数据, 使用模糊综合分析法对滇池湿地环境影响进行评估, 具体步骤如下:

(1) 模糊综合评价因素组成的集合 U 如表 3 所示;

(2) 评价因素的评语集 V = {很小, 较小, 一般, 较大, 很大};

(3) 确定判断因素的权重 A:

①按照表 3 中给出的各指标对滇池湿地环境的影响在 [0, 1] 上的打分, 得到每个因素相对应的权重得分 a'_{ir} 。

②对权重得分归一化处理:

$$a_{ir} = a'_{ir} / \sum_{\lambda=1}^{pi} a'_{ir}$$

经过专家打分得到 $A'_1 = (0.8, 0.6, 0.6, 0.8, 0.7, 0.6, 0.8, 0.6, 0.7, 0.5, 0.4, 0.6, 0.6)$, 则可以得出

$$a_{11} = \frac{0.8}{0.8+0.6+0.6+0.8+0.7+0.6+0.8+0.6+0.7+0.5+0.4+0.6+0.6} = 0.08$$

同样地, 可得到如下结果:

$$A1 = (0.08, 0.06, 0.09, 0.06, 0.09, 0.06, 0.08, 0.05, 0.06, 0.08, 0.03, 0.05)$$

(4) 对每一个指标子集 UI 进行单级模糊评价, 得:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \\ 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \end{bmatrix}$$

(5) 采用 (·, ⊕) 算子进行一级模糊综合评价

滇池湿地环境影响的单因素评价:

$$B_1 = A_1 R_1 = (0.08, 0.06, 0.09, 0.06, 0.09, 0.06, 0.08, 0.05, 0.06, 0.08, 0.03, 0.05)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \\ 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$= (0.096, 0.102, 0.354, 0.382, 0.096)$$

(6) 二级模糊综合评价

$$R = [B_1] = [0.096 \ 0.102 \ 0.354 \ 0.382 \ 0.096]$$

$$B = A \cdot R = (0.456, 0.302, 0.242)$$

从以上计算的评估结果可以得知, 各个影响因素的权值如表4所示。

从表4可以看出, 构造运动、泥沙淤积、水资源利用、工业污染、动物群种的改变和工程项目的

建设等对滇池湿地环境影响程度相对较大。

表4 滇池湿地环境影响评价指标的评估

| 一级指标 | 二级指标 | 影响程度 |
|----------|--------------|------|
| 自然条件 (A) | 构造运动 (A1) | 0.08 |
| | 气候变化 (A2) | 0.06 |
| | 泥沙淤积 (A3) | 0.09 |
| | 水位变化 (A4) | 0.06 |
| 人为活动 (B) | 水资源利用 (B1) | 0.09 |
| | 农业开垦 (B2) | 0.06 |
| | 工业污染 (B3) | 0.08 |
| | 生活污染 (B4) | 0.05 |
| | 植被破坏 (B5) | 0.06 |
| | 动物种群改变 (B6) | 0.08 |
| | 外来物种的引入 (B7) | 0.03 |
| | 旅游业发展 (B8) | 0.05 |
| | 工程项目的建设 (B9) | 0.07 |

然而, 根据 ANP 分析的结果可知, 某些因素在“较大”等级上分布较大, 特别是人为活动尤为突出, 仔细分析其单因素风险, 可以得知, 许多子因素对滇池湿地环境产生了重要的影响。

因此, 为了更有效地进行滇池湿地环境的保护, 在分析外界因素对湿地环境的影响时, 需要特别注意这些指标是否更合理、更科学。

5 结论与讨论

(1) 依据滇池湿地生态环境现状, 以及主要压力干扰源, 给出了建立指标体系的原则和步骤, 从自然因素和人为因素两方面对滇池湿地环境影响因素进行了识别, 建立了包括构造运动、气候变化、泥沙淤积、水位变化、水资源利用、农业开垦、工业污染、生活污染、植被破坏、动物种群改变、外来物种的引入、旅游业开发、工程项目的建设共13个二级指标的滇池湿地环境影响指标体系;

(2) 基于滇池湿地环境影响指标体系, 利用网络分析法和模糊综合分析方法对指标体系进行了权重的确定和评估, 综合研究发现构造运动、泥沙淤积、水资源利用、工业污染、动物群种的改变和工程项目的建设等对滇池湿地环境影响程度相对较大。

目前湿地环境影响评价尚无公认的标准, 本文提出滇池湿地生态环境影响指标体系, 重点关注了人为活动因素。该指标体系在有关指标设置等方面有许多问题值得探讨, 尤其是评价指标的分级依据需要进一步细化。此外, 本文提出的指标体系还要与分级赋值标准和评价计算方法配合才能作为完整

的湿地生态环境影响评价手段在实际工作中加以应用。

参考文献:

- [1] 王瑞山, 王毅勇, 杨青, 等. 我国湿地资源现状、问题及对策 [J]. 资源科学, 2000, 22 (1).
[2] 朱建国, 姜文来, 李应中. 我国湿地资源可持续利用的根本

出路 [J]. 国土与自然资源研究, 2000, (4).

- [3] 张峥, 朱琳, 张建文, 等. 我国湿地生态质量评价方法的研究 [J]. 中国环境科学, 2000, (1).
[4] Rappo rt, D. J. et al. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process [J]. Journal of Environmental Management, 1998, (53).

A Research on Indicator System for Environmental Impact Assessment for the Wetland in Lake Dianchi

YANG Ling - bin

(Xishan District Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650100 China)

Abstract: Based on the Pressure - State - Response Model, an indicator system for the environmental impact assessment is established for Lake Dianchi, with pressure coming from the sources of ecological impact. By using the ANP structural model, the weight of the indicators has been analyzed. After an evaluation of the results by a fuzzy comprehensive analysis, the weight of the indicators has been finally defined.

Key words: environmental impact; indicator system; research; the wetland in Lake Dianchi

云南省九大高原湖泊营养状态综合对比评价分析

包艳飞¹, 崔东文²

(1. 云南省水文水资源局曲靖分局, 云南 曲靖 655000; 2. 文山州水务局, 云南 文山 663000)

摘要: 基于主成分分析理论和 SPSS 统计软件, 建立湖泊富营养综合评价模型, 以云南省九大高原湖泊为例, 对滇池等九大高原湖泊营养状态进行综合评价, 并与指数评价法评价结果作对比分析。结果表明: 基于主成分分析法的湖库营养状态综合评价能较好地反映云南省九大高原湖泊营养状态, 综合评价结果优于指数法。

关键词: 高原湖泊; 主成分分析; 指数法; 富营养; 综合评价

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0048-05

1 引言

云南省九大高原湖泊是指湖泊面积在 30km² 以上的滇池、洱海、抚仙湖、程海、泸沽湖、杞麓湖、星云湖、阳宗海和异龙湖, 分布在昆明市、大理州、玉溪市、丽江市、红河州境内, 被誉为云南大地上的九颗明珠。其中滇池、程海和泸沽湖属长江水系, 抚仙湖、杞麓湖、异龙湖、星云湖和阳宗海属珠江水系, 洱海属澜沧江水系。九大高原湖泊流域面积 8110km², 占云南省国土面积的 2.1%, 人口约 400 万, 占云南省总人口的 10%, 国内生产总值占全省的 1/3, 在云南省经济社会发展中占有举足轻重的地位和作用。随着湖区经济社会的发展, 九大高原湖泊水环境问题日益严峻。“十五”期间, 九大湖泊中滇池草海、滇池外海、星云湖、异龙湖、杞麓湖水质为劣 V 类或 V 类, 呈重度、中度污染, 一半以上处于富营养状态和达不到水环境功能要求; “十一五”期间, 尽管以九大高原湖泊为重点的水污染防治工作取得了一定进展, 遏制了湖泊水质迅速恶化的趋势, 但主要湖泊水质没有根本转变, 一半以上的湖泊还处于不同程度的污染和富营养化状态, 滇池、星云湖、杞麓湖、异龙湖等湖泊水质呈 V 类或劣 V 类。

本文基于主成分分析理论和 SPSS 统计软件, 建立湖泊富营养综合评价模型^[1-4], 对云南省九大高原湖泊营养状态进行综合评价, 并与指数评价法评价结果作对比分析, 旨在对湖泊营养状态的评价提供参考依据。

2 评价原理与方法

2.1 主成分分析法原理与方法^[5-7]

主成分分析法是将原来多个变量化为少数几个综合指标的一种统计分析方法, 从数学的角度说, 是一种降维处理技术。设原始变量为 X_1, X_2, \dots, X_n , 主成分分析后得到的新变量 (综合变量) 为 Z_1, Z_2, \dots, Z_m , 它们是 X_1, X_2, \dots, X_n 的线性组合 ($m < n$)。新变量 Z_1, Z_2, \dots, Z_m 构成的坐标系是在原坐标系经平移和正交旋转后得到的, 称 Z_1, Z_2, \dots, Z_m 组成的空间为 m 维主超平面。在主超平面上, 第 1 主分量 Z_1 对应于数据变异 (贡献率 e_1) 最大的方向, 对于 Z_2, \dots, Z_m , 依次有 $e_2 \geq e_3 \geq e_m$ 。因此, Z_1 是携带原始数据信息最多的 1 维变量, Z_2 是携带原始数据信息次多的变量, 依次类推, 而 m 维主超平面是保留原始数据信息量最大的 m 维子空间。具体运算步骤如下:

(1) 数据标准化。为了排除数量级和量纲不同带来的影响, 首先采用 SPSS 统计软件对原始数据进行标准化处理:

$$y_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_j)}{S_j} \quad (i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, J)$$

式中: X_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标的原始数据; X_j, S_j 分别为第 j 个指标原始数值的平均值和样本标准差。

(2) 相关系数矩阵计算。原始数据经过标准化处理后, 得到标准化数据表 (y_{ij}) $I \times J$ 的相关矩阵 R 。

(3) 特征值和特征向量计算。求出 R 的 J 个特征值: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_J$, 以及对应的特征向量 U_1, U_2, \dots, U_J 。其中, 每一特征值即为对应主成分的方差, 方差越大对总变异的贡献越大; 每一特征向量则是对应主成分的线性表达式中原始指标

收稿日期: 2011-11-14

作者简介: 包艳飞 (1978-), 男, 云南曲靖人, 工程师, 学士, 主要从事水环境监测评价及水资源调查评价工作。

的组合系数。

(4) 贡献率计算。称 $e_k = \lambda_k / \sum_{i=1}^j \lambda_i$ 为主成分 Z_k 贡献率, $I_m = \sum_{k=1}^m \lambda_k / \sum_{j=1}^j \lambda_j$ 为主成分 Z_1, Z_2, \dots, Z_m ($m < n$) 的累计贡献率。通常选取累计贡献率 $I_m > 85\%$ 的 m 个主成分进行综合评价。

(5) 综合分析。将各待评样本的标准化数据分别代入各主成分的表达式中, 计算得到样本的各主成分得分值 F_k ($k = 1, 2, \dots, m$), 以各主成分的方差贡献率 e_k 为权重求和, 即得到各样本的综合评价得分 $F = \sum_{k=1}^m e_k F_k$ 。

(6) 评价结果。根据综合评价值 F 的大小, 采用线性插值法将综合评分值转换为赋分值 FI ,

参照营养状态分级标准, 评价九大湖泊营养状态。

2.2 指数评价法

指数法作为水利、环保等部门湖库营养状态的常规评价方法, 其在《中国水资源公报》、《中国地表水资源质量年报》和《全国水资源综合规划》中均有广泛的应用。具体运算步骤如下:

(1) 参照表 1 湖泊营养状态评价标准及分级方法, 采用线性插值法将营养状态评价项目浓度转换为赋分值 En 。

(2) 按公式 $EI = \sum_{n=1}^N En/N$ 计算营养状态指数 EI 。

(3) 根据营养状态指数确定营养状态分级, 评价九大湖泊营养状态。

表 1 湖泊营养状态原始监测数据、分级指数及营养状态指数 EI (mg/L)

| | | 高锰酸盐指数 | 总磷 | 总氮 | 叶绿素 α | 透明度/m |
|------------------------------|--------------|--------|-------|-------|--------------|-------|
| | 滇池草海 | 9.96 | 1.243 | 15.34 | 0.0640 | 0.57 |
| | 滇池外海 | 9.89 | 0.126 | 2.44 | 0.0631 | 0.42 |
| | 阳宗海 | 2.43 | 0.034 | 0.42 | 0.0039 | 3.87 |
| | 洱海 | 2.59 | 0.019 | 0.41 | 0.0135 | 1.70 |
| | 抚仙湖 | 1.13 | 0.005 | 0.17 | 0.0022 | 6.13 |
| | 星云湖 | 7.49 | 0.127 | 2.08 | 0.0267 | 1.08 |
| | 杞麓湖 | 7.51 | 0.066 | 2.99 | 0.0357 | 1.18 |
| | 程海 | 3.60 | 0.030 | 0.50 | 0.0020 | 3.30 |
| | 泸沽湖 | 1.00 | 0.005 | 0.10 | 0.0009 | 12.10 |
| | 异龙湖 | 9.37 | 0.047 | 2.07 | 0.0284 | 1.23 |
| 营养状态分级及分级指数 EI | 评价项目赋分值 En | | | | | |
| 贫营养 ($0 \leq EI \leq 20$) | 10 | 0.15 | 0.001 | 0.02 | 0.0005 | 10.00 |
| | 20 | 0.40 | 0.004 | 0.05 | 0.0010 | 5.00 |
| 中营养 ($20 < EI \leq 50$) | 30 | 1.00 | 0.010 | 0.10 | 0.0020 | 3.00 |
| | 40 | 2.00 | 0.025 | 0.30 | 0.0040 | 1.50 |
| | 50 | 4.00 | 0.050 | 0.50 | 0.0100 | 1.00 |
| 轻度富营养 ($50 < EI \leq 60$) | 60 | 8.00 | 0.100 | 1.00 | 0.0260 | 0.50 |
| | 70 | 10.00 | 0.200 | 2.00 | 0.0640 | 0.40 |
| 富营养 | 80 | 25.00 | 0.600 | 6.00 | 0.1600 | 0.30 |
| | 90 | 40.00 | 0.900 | 9.00 | 0.4000 | 0.20 |
| 重度富营养 ($80 < EI \leq 100$) | 100 | 60.00 | 1.000 | 16.00 | 1.0000 | 0.12 |

注: 以上数据来源于《2008年云南省环境状况公报》, 标准来源于中华人民共和国水利行业标准《地表水资源质量评价技术规程》。

3 九大湖泊营养状态评价

评价的基础数据选取《2008年云南省环境状况公报》中的九大高原湖泊在营养状态评价中包括的总磷、总氮、叶绿素 α 、高锰酸盐指数和透明度 5 项指标的监测结果, 另参照湖泊(水库)营养状态评价标准及分级方法, 列出贫营养、中营养和富营养的标准值(见表 1), 以便准确地对各湖泊营养状态进行分级评价。

3.1 主成分分析法综合评价^[5~7]

因为湖泊营养状态评价中透明度越大, 表示营养程度越低; 而其它因子则是数据越大, 表示营养程度越高。因此, 必须对透明度的原始数据进行倒数处理。依据上述主成分分析法原理和计算步骤, 运用 SPSS 统计软件对九大湖泊原始监测数据及评价标准进行数据标准化处理, 结果见表 2。

表2 标准化数据

(mg/L)

| | | 高锰酸盐指数 | 总磷 | 总氮 | 叶绿素 α | 透明度/m | |
|-----------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 滇池草海 | -0.021 | 2.661 | 2.524 | -0.136 | 0.084 | |
| | 滇池外海 | -0.026 | -0.272 | -0.131 | -0.139 | 0.393 | |
| | 阳宗海 | -0.520 | -0.514 | -0.546 | -0.395 | -0.647 | |
| | 洱海 | -0.510 | -0.553 | -0.548 | -0.354 | -0.485 | |
| | 抚仙湖 | -0.606 | -0.590 | -0.598 | -0.402 | -0.696 | |
| | 星云湖 | -0.185 | -0.269 | -0.205 | -0.296 | -0.318 | |
| | 杞麓湖 | -0.183 | -0.430 | -0.017 | -0.259 | -0.357 | |
| | 程海 | -0.443 | -0.524 | -0.530 | -0.403 | -0.627 | |
| | 泸沽湖 | -0.615 | -0.590 | -0.612 | -0.408 | -0.735 | |
| | 异龙湖 | -0.060 | -0.480 | -0.207 | -0.289 | -0.377 | |
| 营养状态分级及分级指数 EI | 评价项目赋分值 En | | | | | | |
| 贫营养 (0 ≤ EI ≤ 20) | 10 | -0.671 | -0.600 | -0.629 | -0.410 | -0.725 | |
| | 20 | -0.655 | -0.592 | -0.622 | -0.407 | -0.676 | |
| 中营养 (20 < EI ≤ 50) | 30 | -0.615 | -0.577 | -0.612 | -0.403 | -0.612 | |
| | 40 | -0.549 | -0.537 | -0.571 | -0.395 | -0.446 | |
| | 50 | -0.416 | -0.472 | -0.530 | -0.369 | -0.284 | |
| 轻度富营养 (50 < EI ≤ 60) | 60 | -0.151 | -0.340 | -0.427 | -0.300 | 0.207 | |
| | 70 | -0.018 | -0.078 | -0.221 | -0.136 | 0.452 | |
| 富营养 | 中度富营养 (60 < EI ≤ 80) | 80 | 0.976 | 0.973 | 0.602 | -0.279 | 0.859 |
| | 90 | 1.970 | 1.761 | 1.219 | 1.315 | 1.678 | |
| 重度富营养 (80 < EI ≤ 100) | 100 | 3.296 | 2.023 | 2.660 | 3.905 | 3.311 | |

运用 SPSS 统计软件进行计算得到相关系数矩阵的特征值和特征向量，并计算出各特征值对应主成分的方差贡献率，结果见表 3。

表3 特征值及主成分贡献率

| 序号 | 特征值 | 贡献率/% | 累计贡献率/% |
|----|-------|--------|---------|
| F1 | 4.348 | 86.958 | 86.958 |
| F2 | 0.543 | 10.865 | 97.823 |
| F3 | 0.073 | 1.462 | 99.285 |
| F4 | 0.024 | 0.472 | 99.757 |
| F5 | 0.012 | 0.243 | 100.000 |

由表 3 可知，前 2 个特征值对应主成分的累计方差贡献率已经达到 97.823%，>85%，它们所对应的 2 个主成分已经能够反映湖泊原始指标所提供的绝大部分信息，可以利用它们对九大湖泊营养状态进行综合评价。各主成分线性表达式中原始指标的系数取相应特征值对应的正规化单位特征向量即可，因此，构造出 2 个主成分 z_1 和 z_2 ，如下所示：

$$z_1 = 0.4623x_1 + 0.4253x_2 + 0.4420x_3 + 0.4462x_4 + 0.4593x_5$$

$$z_2 = 0.3121x_1 - 0.6123x_2 - 0.4958x_3 + 0.4277x_4$$

$$+ 0.3145x_5$$

各主成分得分与对应的方差贡献率乘积的总和即为综合得分 F。计算出九大湖泊的各主成分得分及综合得分，各湖泊营养状态以定量化描述，得分越大，表明营养状态富营养程度越高，由此参照营养状态分级标准计算得分，并采用线性插值法将综合得分 F 转换为赋分值 FI，再进行营养状态分级评价，结果见表 4。

3.2 指数法评价分析

由于指数法作为常规湖泊营养状态评价方法，运用广泛，笔者在这里不进行过多的探讨，读者可自行参阅中华人民共和国水利行业标准《地表水资源质量评价技术规程》。

依据公式 $EI = \sum_{n=1}^N En/N$ ，计算九大湖泊营养状态指数 EI 并进行营养状态评价，结果见表 4。

3.3 营养状态评价分析

由表 4 可以得出以下分析结论：

(1) 就主成分分析法与指数法比较而言，其评价结果 FI 值与 EI 值和营养状态评价略有差别，表现为：主成分分析法综合评价滇池草海和抚仙湖分别为重度富营养和中营养，而指数法评价则为中

度富营养和贫营养。据 2004 ~ 2008 年《云南省环境状况公报》评价，滇池草海水质类别均为劣 V 类，水质重度污染，未达到水环境功能要求（V 类），水体处于重度富营养状态。月度监测表明，12 个月水质类别多为劣 V 类，湖泊富营养状态 12 个月多为重度富营养；抚仙湖营养状态处于贫营养赋分值 E_n 的上限和中营养赋分值 E_n 的下限之间。因此主成分分析法综合评价结果更能客观、合理地反映湖泊营养状态。

(2) 由于各主成分相互独立，因此第 1、第 2 主成分已经能够反映湖泊原始指标所提供的绝大部分信息。第 1 主成分 F1 的贡献率 $e_1 = 86.958\%$ ，

叶绿素 α 、高锰酸盐指数和透明度的绝对值较大，对湖泊营养状态起主导作用；第 2 主成分 F2 的贡献率 $e_2 = 10.865\%$ ，总磷、总氮的绝对值较大，是影响湖泊营养状态的主要因子。

(3) 基于主成分分析法的营养状态综合评价结果与《2008 年云南省环境状况公报》中的评价结果基本一致。从评价结果来看，湖泊营养状态大致可分为三类，泸沽湖、抚仙湖为一类，贫营养；阳宗海、洱海和程海为一类，中营养；其余滇池草海、滇池外海、星云湖、杞麓湖和异龙湖为一类，富营养。

表 4 高原湖泊营养状态主成分分析及综合评价结果

| 湖泊名称 | 第 1 主成分 得分 F1 | 第 2 主成分 得分 F2 | 综合 得分 F | 综合评价 结果 FI | 营养状态 | 营养状态 指数 EI | 营养状态 |
|------------------------------|------------------|------------------|------------|---------------|-------|---------------|-------|
| 滇池草海 | 2.2151 | -2.9184 | 1.6107 | 80.9 | 重度富营养 | 77.9 | 中度富营养 |
| 滇池外海 | -0.0669 | 0.2873 | -0.0270 | 69.9 | 中度富营养 | 66.4 | 中度富营养 |
| 阳宗海 | -1.1730 | 0.0505 | -1.0155 | 35.4 | 中营养 | 39.4 | 中营养 |
| 洱海 | -1.0930 | 1.1475 | -0.8267 | 47.2 | 中营养 | 39.2 | 中营养 |
| 抚仙湖 | -1.2936 | 0.0779 | -1.1166 | 24.0 | 中营养 | 18.8 | 贫营养 |
| 星云湖 | -0.5685 | -0.0188 | -0.4976 | 56.5 | 轻度富营养 | 58.7 | 轻度富营养 |
| 杞麓湖 | -0.5539 | -0.0085 | -0.4835 | 57.0 | 轻度富营养 | 58.3 | 轻度富营养 |
| 程海 | -1.1290 | 0.0763 | -0.9734 | 39.2 | 中营养 | 34.9 | 中营养 |
| 泸沽湖 | -1.3245 | 0.0675 | -1.1446 | 18.8 | 贫营养 | 11.4 | 贫营养 |
| 异龙湖 | -0.6249 | 0.1355 | -0.5285 | 55.8 | 轻度富营养 | 56.5 | 轻度富营养 |
| 营养状态分级及分级指数 EI 评价项目赋分值 E_n | | | | | | | |
| 贫营养 (0 ≤ EI ≤ 20) | 10 | -1.3586 | 0.0665 | -1.1749 | | | |
| | 20 | -1.3214 | 0.0801 | -1.1410 | | | |
| | 30 | -1.2606 | 0.1002 | -1.0853 | | | |
| 中营养 (20 < EI ≤ 50) | 40 | -1.1146 | 0.1314 | -0.9562 | | | |
| | 50 | -0.9214 | 0.1746 | -0.7828 | | | |
| | 60 | -0.4418 | 0.3097 | -0.3508 | | | |
| 富营养 | 70 | 0.0078 | 0.2355 | 0.0322 | | | |
| | 80 | 1.6490 | -0.1998 | 1.4135 | | | |
| | 90 | 3.5541 | 0.0222 | 3.0945 | | | |
| | 100 | 6.8196 | 1.1828 | 6.0620 | | | |

4 结语

目前，常用的湖库营养状态评价方法有：指数评价法、模糊综合评判法、灰色数学法、神经网络法等，各种方法在实际运用中均有自身的优点与不足。主成分分析法是多元统计分析中的一个分支，近年来在水资源承载能力、水环境承载能力和水环境质量综合评价方面运用日渐广泛。相较其它评价方法，主成分分析法能够在最大限度地保留原始数

据信息的基础上，对高维变量进行综合和简化，并通过 SPSS 统计软件确定各个指标的权重，避免了如模糊综合评判法等确定指标权重的主观随意性，具有一定的优越性。

参考文献：

[1] 丁春, 盛周君. 基于主成分分析法的南淝河水质综合评价 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (35).
 [2] 鲁斐, 李磊. 主成分分析法在辽河水水质评价中的运用 [J]. 水利科学与经济, 2006, 16 (6).

- [3] 乐观, 唐思贤, 周忠良. 崇明岛河道水质指标季节性变化分析 [J]. 水资源保护, 2009, 25 (5).
- [4] 冯利华. 环境质量的主成分分析 [J]. 数学的实践与认识, 2003, 33 (8).
- [5] 张红兵, 贾来喜, 李潞. SPSS 宝典 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [6] 刘大海, 李宁, 晁阳. SPSS 统计分析从入门到精通 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [7] 吕振通, 张凌云. SPSS 统计分析与运用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

An Analysis of Comparative Evaluation of the Nutrition Status of the Nine Plateau Lakes in Yunnan Province

BAO Yan - fei¹, CUI Dong - wen²

(1. Qujing Division of Yunnan Provincial Water Resources Bureau, Qujing Yunnan 655000 China)

Abstract: A model has been established to evaluate the eutrophication of the nine plateau lakes in Yunnan based on the principal component analysis theory and SPSS statistical software. This evaluation result has been compared with that of the index evaluation method. It shows that the former evaluation method is better than the latter in presenting the nutrition status of the lakes.

Key words: plateau lake; principal component analysis; index evaluation; entrophication; comprehensive evaluation

《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：ynhjks@yies.org.cn；电话（传真）：0871 - 4142389；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://hjkd.org.cn](http://hjkd.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

洞庭湖区环境污染的安全性研究

吕殿青, 王 宏, 侯旭蕾, 刘小梅

(湖南师范大学资源与环境科学学院, 湖南 长沙 410081)

摘要: 从水体、底泥、土壤、生物等方面分析了洞庭湖区的环境污染状况, 结果表明洞庭湖水体主要受氮磷污染, 底泥和周边土壤主要受重金属 Cd、Cu 污染。分析认为污染物排放、地质原因、外源输入和纳污能力减弱是洞庭湖区环境污染的主要原因, 并提出污染治理的相关措施。

关键词: 洞庭湖; 环境污染; 氮磷; 重金属; 安全性

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0053-04

洞庭湖是长江流域最重要的吞吐调蓄性湖泊, 具有灌溉、航运、渔业生产、供水、纳水、调节气候和美化环境等多种功能。但近年来出现了一系列的水污染事件, 如 2006 年 9 月岳阳县新墙河水体砷超标 10 倍, 8 万居民的饮用水安全受到威胁; 2008 年夏季大小西湖 Chla 浓度达到 33.8 μg/L, 出现大范围蓝藻水华和鱼类死亡, 影响当地居民饮水安全^[1]; 2010 年 6 月 23 日东洞庭湖漉湖 3.27 万 hm² 水域发生严重水污染, 大面积鱼虾死亡^[2]。本文拟通过调查分析洞庭湖区的水体、底泥、土壤、生物等方面的污染现状, 探讨污染的原因, 提出相关的对策与措施。

1 洞庭湖环境污染状况

1.1 水体污染

洞庭湖水质监测资料 (表 1) 表明, “七五”期间和 1993 年洞庭湖水质良好, 均属 II 类水质^[3]。1997、1999 年洞庭湖水体总氮增加几倍,

并检出 Cd, 属 IV 类水质, 生态危害轻微^[4]。2002 年洞庭湖总氮含量较高, 属中度营养^[5]。“十五”期间洞庭湖水体中总氮、总磷、汞、砷超标率较高, 2004 年湖水中 Cd、Cu 含量超标, 属 V 类水质^[6,7]。2003~2008 年间东洞庭湖水体总氮维持在 1.4 mg/L, 总磷从 2003 年的 0.09 mg/L 增到 2008 年的 0.14 mg/L, 属 IV 或 V 类水质^[1]。根据湖南省环境质量统计数据, 2008 年洞庭湖各监测断面水质均劣于水域功能标准, V 类以上水质达 79%, 氮磷污染严重, 东洞庭湖及洞庭湖出口为轻度富营养^[8]。总之洞庭湖水质从“七五”至“十一五”期间逐步恶化, 从 II 类水质发展到 V 类水质, 氮磷为主要污染物, 已出现中度营养化, 重金属 Cd 和 Cu 污染较严重, 已经影响湖区居民的饮水安全和身体健康。

1.2 底泥污染

底泥是水体污染物的汇和源, 对水体质量具有

表 1 洞庭湖水质资料 (mg/L)

| 年份 | COD _{Mn} | BOD ₅ | NH ₃ -N | TN | TP | 总氰化物 | Cr ⁶⁺ | Pb | Cd | As | 大肠菌群/ 个·L ⁻¹ | 水质类别 | 资料来源 |
|------|-------------------|------------------|--------------------|-------|-------|-------|------------------|--------|---------|-------|----------------------------|------|--------|
| “七五” | 2.36 | 0.82 | 0.25 | 0.023 | 0.135 | 0 | 0 | 0.0015 | 0.00005 | 0.003 | >1037 | II 类 | 文献 [3] |
| 1993 | 2.28 | 0.81 | 0.25 | 0.013 | 0.024 | 0 | 0 | 0.0033 | 0 | 0.003 | >7834 | II 类 | 文献 [3] |
| 1997 | — | — | — | 1.078 | 0.12 | — | — | — | 0.001 | — | — | IV 类 | 文献 [4] |
| 1999 | — | — | — | 1.29 | 0.29 | — | — | — | 0.0015 | — | — | IV 类 | 文献 [4] |
| 2002 | 2.47 | — | — | 1.19 | 0.08 | — | — | — | — | — | — | IV 类 | 文献 [5] |
| 十五 | 2.4 | 0.8 | 0.2 | — | 0.138 | 0.002 | 0.002 | 0.0015 | 0.0005 | 0.004 | 1200 | V 类 | 文献 [6] |

收稿日期: 2011-12-01

基金项目: 湖南省自然科学基金重点项目 (11JJ2012); 湖南省地理学重点学科建设项目 (2008001); 湖南省科技计划项目 (2011FJ3224)。

作者简介: 吕殿青 (1975-), 女, 山西榆次人, 教授, 博士, 主要从事水土环境污染研究。

较强的影响力。1985 年洞庭湖底质重金属铜、铅、锌、镉、镍维持在背景值, 1993 年镉超过背景值 4 倍多, 2000 年镉超过背景值 5 倍之^[6], 其他重金属含量超过背景值 1 倍多。2004 年洞庭湖底泥重金属 Cd 超过背景值 11 倍多, 是国家土壤环境质量

三级标准的近3倍^[9-10]；Hg超过背景值3倍多，Cu、Pb、Zn、As含量超过背景值1倍多，呈现较高程度的重金属富集，南洞庭湖属重污染，东洞庭湖属偏重污染^[10]，东洞庭湖区的鹿角至城陵矶段的重金属污染最为严重^[9]。2006年长江中下游底泥质量调查显示在洞庭湖城陵矶或君山处As、Cr、Cu含量均已超过NOAA泥沙标准ERL限值，属中度污染^[11]。总之洞庭湖底泥重金属具有较高的富集，会在一定条件下释放从而影响水体质量。

1.3 洞庭湖区土壤污染

由于污染水体、农药、化肥、工业三废等的影响，洞庭湖区的土壤也受到重金属污染。沅江市郊区耕地土壤污染物超标以Pb、Cu为主，Cd、Hg次之，土壤属轻度污染^[12]。南洞庭湖洲垸土壤受到Cd、Cu污染，Cd平均含量为3.047mg/kg，属IV~V类污染级和偏重-重度污染；Cu平均含量为114mg/kg，属II类污染级和偏中度污染^[13]。洞庭湖区80%土地的重金属Cd超过国家一级土壤标准，一半面积超过国家三级土壤标准，对土壤污染贡献率最高的为Cd，洞庭湖区土壤已经受到镉的严重污染^[14]。除此之外，洞庭湖土壤还受到有机氯杀虫剂的污染，在益阳、常德、岳阳的土壤中六氯苯(HCB)、总滴滴涕(DDTs)的检出率均为100%，总氯丹和灭蚁灵检出率分别为414%和617%^[15]。

1.4 食品安全、生物体和人体健康风险

1.4.1 食品安全

重金属和有机污染物进入土壤后，多集中于耕作层，会在农作物中大量富集，严重影响农作物的品质和食品安全。2000年益阳市蔬菜基地抽查的10种蔬菜143批样品中，有机农药检出率32.9%，超标率28.0%^[16]。2005年益阳、常德、岳阳的水稻籽实调查表明籽实中超标食品分布比例最高的是Cd，达到了23%，全区超标食品比例为24%^[12]。洞庭湖区典型蔬菜基地中Cd、Pb超标率分别为50%和78.7%，在蔬菜中富集较为严重^[17]。君山茶园的茶叶中Cd的含量已超过无公害茶园土壤环境质量标准^[18]。

1.4.2 生物体健康风险

由于洞庭湖水体受到重金属和有机物的污染，使得生物体内污染物富集浓度较大，导致蒋家咀、茶盘洲、三岔河等区域成为无型底栖生物区^[3]。“十五”和“十一五”期间洞庭湖周边200多家造纸企业废水的排放和大规模超密度的水禽养殖，造

成湖水有机污染严重。如2006年10月藕池中支三岔河7.5km河段污染和2010年澧湖污染，造成鱼类、贝类水生生物呼吸困难、中毒或致畸、致突变以及缺氧致死，每年造成的渔业经济损失为800万元~1000万元^[6]。

1.4.3 人体健康风险

污染的水体、农作物和鱼类、贝类水生生物通过饮用和食物链进入人体，引发各种疾病，对人体健康造成极大的风险。20世纪90年代中期，西洞庭湖周围的白芷湖区42160名居民因长期饮用污染的湖水，普遍患有急、慢性肠胃炎，肝脾肿大等疾病，且氟甲病发病率很高。余涛等^[19]利用健康安全评估法评价南洞庭湖地区稻米对人体健康的危害程度，结果表明Hg、Pb没有达到ADI(日允许摄入量)的限值，食品相对安全，而晚稻中Cd的摄入量均超过ADI限值，最高已达ADI的260%，可能会引发人体肾功能损伤、骨质密度降低以及生殖毒性等疾病。

2 污染成因

2.1 污染物排放

洞庭湖水体污染物来自于城镇和农村生活污水、工业废水、畜禽养殖废水以及水产养殖、农田径流。2008年洞庭湖区主要污染物COD_{Cr}、总磷和总氮的入湖量分别为323351t、6913t和59049t^[8]。2008年洞庭湖区工业废水排放的COD_{Cr}和氨氮分别为120067t和6598t，其中COD_{Cr}的排放造纸业占73%^[8]。2006~2008年洞庭湖造纸企业的3a整顿，使得COD_{Cr}实现达标排放，基本消除了重金属铬的污染。氨氮的排放化工制造业占47%。2008年洞庭湖区的生活污水中排放了157942t的COD_{Cr}，1975t的总磷和27703t的总氮，畜禽养殖排放59378t的COD_{Cr}，3347t的总磷，22469t的总氮，农业径流排放了310885t COD_{Cr}，12684t总磷，78343t总氮^[8]。

2.2 地质原因

洞庭湖区域地球化学分析表明长江物源的洞庭湖中央平原地球化学区以富Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn、P、F为主要特征，而“四水”入湖的河流三角洲地区以Cd、Sb、As、Hg毒性矿质元素富集为特征^[20]。洞庭湖沉积物明显富集As、Cd、Zn、Sb、Sn、Bi等有色金属元素^[9,10,13]，湖区周围的第四纪红土母质发育的土壤富含Cd，板页岩与河流冲积物母质发育土壤富集Cd和Cu^[14,21]，与区域地球化学元素异常及区域岩层富集的元素有明

显的对应关系。这说明区域地质环境是控制洞庭湖区污染元素种类的一个因素,即洞庭湖沉积物中重金属污染元素种类受到区域地质地球化学高背景值元素的影响。

2.3 外源输入

洞庭湖为过水性湖泊,其外源输入主要来自四水(湘资沅澧)、三口(长江分洪流入的松滋、藕池、太平)和本地河流等。在输入洞庭湖湿地污染物中,有54.76% N、44.30% P、81.83% COD和95.59%的重金属元素来自四水和三口^[22];2005年由长江三口和四水输入给洞庭湖366988.6t的TN、18208.4t的TP,分别占N输入总量的87.65%、P的89.19%^[22],造成洞庭湖水体污染。2008年以来湘江携带明显富集Cd、Zn、As、Pb、Cu、Hg等元素的泥沙入湖污染物大都滞留于洞庭湖湖底,概略估计湘江每年输入洞庭湖的量为65.9t^[3],污染严重的底泥成为二次水体污染源。湖区工业污水等排放所造成的重金属污染仅占河道污染总量的5%,三水和四口输入洞庭湖的COD量占绝对优势,为总输入量的81.829%。因此,在洞庭湖湿地水体和沉积物污染治理上控制系统外的水系输入比控制周围更重要。

2.4 纳污能力减弱

2.4.1 气候干旱,三峡蓄水,水位与流量降低

近年来由于气候干旱,洞庭湖区降水偏少,时有干旱天气发生。再加上三峡工程蓄水,致使洞庭湖水位连续降低,入湖流量迅减。20世纪50年代长江入湖水量多年平均径流超过1400亿m³,20世纪90年代不足700亿m³,2003~2008年入湖水量约为498亿m³,50多a时间长江入湖水量萎缩近2/3。2006年洞庭湖出口城陵矶水位平均下降2.03m,最大达到3.30m^[23],2009年10月城陵矶水位降至21.62m,为1960年以来罕见的低水位,同期蓄水量不到丰水期平均水量的1/10^[24]。2011年1月到5月洞庭湖区域累计降水比历年同期偏少5至6成,5月3日城陵矶水位降至21.49m,5月份50%时间水位在22m之下,洞庭湖水面面积仅为382km²。洞庭湖由于缺少长江水位的顶托,水面面积有所萎缩,水流速度减慢,湖泊换水周期延长,水体交换能力与自净能力减弱,水环境容量下降。

2.4.2 洲滩演进,湿地面积缩减

近几年由于洞庭湖在洪水期水位不高,淹水时间越来越短,枯水期水位不断降低,大面积洲滩裸

露,使得速生杨成为湖滩湿地的优势种群,植被向森林演替过渡,湿地类型从泥沙滩地→湖草滩地→芦苇滩地→森林湿地演变,湿地生态系统出现逆向演替。东洞庭湖林地面积从1996年占总面积的17.2%增加到2004年的30.7%^[24]。洞庭湖湿地类型整体变化趋势为森林面积扩大,洲滩面积不断扩大,湖泊水面不断缩小,湖泊容积减小,容易降低水体自净能力,截蓄入湖污染物于沉积物中。

3 治理与恢复措施

3.1 治理工业和生活污水,调整产业结构

丰富的芦苇、速生杨以及水资源使得洞庭湖岳阳、常德和益阳周围遍布238家造纸企业,其中234家废水不达标,仅2006年排放未处理的废水1.11亿m³,COD约17.4万t,就造成洞庭湖在2008年之前水质为V类和劣V类。湖南省政府2006~2008年集中整顿,234家造纸企业停产整顿,其中101家淘汰或转产,洞庭湖水质才得以恢复到Ⅲ类。在此基础上还继续强化造纸、化肥和纺织行业的污染治理和防治,严格产业准入制度,坚决禁止污染企业进入,重点进行造纸行业的产品、企业的结构调整。打造以泰格林纸集团岳阳纸业、沅江纸业为核心的制浆造纸产业集群,构建以益阳县八百弓等为代表的一批利用废纸造纸的产业园区^[25]。另外加快了城镇污水处理设施建设,完善了主城区雨污分流管网体系,从源头上杜绝工业和生活污染,实现清洁生产和环境保护。

3.2 治理重污染湖区底泥

底泥是污染物的“源”,在搅动过程中不断地向水体释放污染物,会造成“二次污染”。因此在洞庭湖污染严重的河段或断面处进行适当的底泥疏浚,妥善处理被疏浚的底泥,才能有效地削减沉积物中营养物质、重金属和持久性有机物等污染物含量,控制“二次污染”的产生。

3.3 治理平原、山地丘陵区的水土流失和面源污染

洞庭湖造纸企业整顿后,工业废水实现达标排放,但仍有鱼类死亡的现象发生,此污染主要是由农田径流和养殖业输入的污染所造成。因此要在平原农业综合整治区和山地丘陵生态保育区,构建减氮控磷、稻草覆盖、玉米红薯套种和坡地生物篱生态拦截相结合的丘岗坡地减污高产型技术体系;构建棉花-油菜轮作制减氮控磷、秸秆和地膜覆盖、棉花间种牧草生态拦截、抗虫棉推广、高效低毒低残留农药相结合的湖垌旱地减污高产型技术体系。

建立混养、轮养的立体、生态的养殖方式,合理规划养殖区域,构建生态、低耗的循环养殖系统,减控水产养殖带来的有机污染^[8]。

3.4 实行“江湖”环境同治政策

洞庭湖水体和底泥重金属污染主要来自于湘江的水体和泥沙,因此要把湘江和洞庭湖同时进行治疗才能有效控制洞庭湖的污染。同时加强长江入湖水量的调控,确保洞庭湖的水位、流量和水面面积,减控泥沙含量,从而提高纳污、去污能力。

参考文献:

[1] 杨坪罗,易敏. 东洞庭湖水生态健康状况分析 [J]. 内陆水产, 2009, (11).

[2] 谢永宏,陈心胜,侯志勇,等. 东洞庭湖澧湖死鱼事件的原因分析与政策建议 [J]. 农业现代化研究, 2010, 31 (5).

[3] 卜跃先,陆强国,谭建强. 洞庭湖水质污染状况与综合评价 [J]. 人民长江, 1997, 28 (2).

[4] 卢宏玮,曾光明,何理. 洞庭湖流域水体污染物变化趋势及风险分析 [J]. 水土保持通报, 2004, 24 (2).

[5] 张建明,徐建青,刘妍. 洞庭湖富营养评价指标分析及富营养化评价 [J]. 基础研究, 2006, (2).

[6] 杨国兵,段一平. 洞庭湖水污染现状及防治对策 [J]. 湖南水利水电, 2007, (2).

[7] 申锐莉,鲍征宇,谢淑云,等. 洞庭湖湿地水相中重金属的地球化学评价 [J]. 人民长江, 2007, 38 (11).

[8] 秦迪岚,黄哲,罗岳平,等. 洞庭湖区污染控制区划与控制对策 [J]. 环境科学研究, 2011, 24 (7).

[9] 姚志刚,鲍征宇,高璞. 洞庭湖沉积物重金属环境地球化学 [J]. 地球化学, 2006, 35 (6).

[10] 祝云龙,姜加虎,孙占东,等. 洞庭湖沉积物中重金属污染特征与评价 [J]. 湖泊科学, 2008, 20 (4).

[11] 余国安,王兆印,刘成,等. 长江中游底泥质量现状调查研究 [J]. 泥沙研究, 2007, (4).

[12] 周惜时,秦普峰,李学初,等. 洞庭湖平原区耕地环境质量初步评价 [J]. 环境科学与技术, 2007, 30 (6).

[13] 董萌,赵云林,雷存喜,等. 南洞庭湖洲垸中四种重金属分布特征及污染状况评价 [J]. 2010, 42 (3).

[14] 余涛. 环洞庭湖地区土地质量地球化学评估 [D]. 北京: 中国地质大学, 2006.

[15] 李倦生,陈一清,吴小平,等. 洞庭湖流域土壤中有有机氯杀虫剂的残留规律研究 [J]. 中国环境监测, 2008, 24 (3).

[16] 刘妍,张建明,陈政,等. 洞庭湖水质污染现状及影响因素分析 [J]. 内陆水产, 2007, (8).

[17] 朱奇宏. 环洞庭湖区土壤质量状况及其对蔬菜污染的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.

[18] 郭海彦. 湖南省洞庭湖区茶园土壤环境质量特征 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.

[19] 余涛,杨忠芳. 重金属元素摄入量与健康安全评估——以湖南洞庭湖地区为例 [J]. 地质通报, 2008, 27 (2):.

[20] 童霆. 洞庭湖的净化作用与微量元素资源 [J]. 中国地质, 1998, (10).

[21] 孙花,谭长银,黄道友,等. 土壤有机质对土壤重金属积累、有效性及形态的影响 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2011, 34 (4).

[22] 何介南,康文星. 洞庭湖湿地对污染物的净化功能与价值 [J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28 (2).

[23] 黄群,孙占东,姜加虎. 三峡水库运行对洞庭湖水位影响分析 [J]. 湖泊科学, 2011, 23 (3).

[24] 孙占东,黄群,姜加虎. 洞庭湖主要生态环境问题变化分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20 (9).

[25] 王志升,刘晓明,关以超,等. 湖南省洞庭湖区造纸产业结构调整的整体思路 [J]. 湖南造纸, 2007, (3).

A Safety Research on Environmental Pollution of Lake Dongting

LV Dian - qing, WANG Hong, HOU Xu - lei, LIU Xiao - mei

(College of Resources and Environment Science of Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081 China)

Abstract: The environmental pollution of Lake Dongting has been analyzed in respect of water body, sediment, soil and organism. The result shows that the lake water body is mainly polluted by nitrogen and phosphorus, while the sediment and soil are polluted by the heavy metals like Cd and Cu. It is thought that the main causes for the pollution are pollutant discharge, geological conditions, external pollution source and reduced pollutant receptive capacity. The relative pollution control measures are proposed in this paper.

Key words: Lake Dongting; environmental pollution; nitrogen and phosphorus; heavy metal; safety

松华坝水源保护区产业格局初探

李丽珍¹, 郭朋恒²

(1. 昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650032;

2. 五华区环境保护局, 云南 昆明 650032)

摘要: 在分析松华坝水源保护区产业受限情况、产业结构现状、发展优势的前提下, 提出了保护区产业格局的相关建议: ①继续对污染大的工业项目实施限制政策; ②加强农业面源污染控制; ③继续推进保护区生态化、景观化建设; ④适度发展不突破环境容量的旅游业, 包括生态农业体验区、生态旅游观光区、民族风情体验区、滇文化体验区、“田园”生活保护区; ⑤适度发展教育科研及房地产业。

关键词: 水源保护区; 环境保护; 产业格局; 松华坝

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0057-04

水源保护区作为一个特殊的区域, 其产业发展方向及格局的形成与区域自然特征、经济发展水平、人文环境均有重要关系。本文以松华坝水源保护区为例, 旨在探讨一种即有利于水源及生态保护, 又可促进地方经济和可持续发展的产业格局, 充分体现“以人为本”的发展理念。

1 松华坝水源保护区概况

松华坝水源区是昆明市市级自然保护区, 保护区面积 629.8km², 主体为松华坝水库。松华坝水库位于昆明市北郊, 黑龙潭东北面, 西邻上坝村。距昆明 14km, 海拔 1937m。元代依松华山谷筑坝而得名。1958 年在元代松华坝旧址新建大坝。径流面积约 600km²。最高水位海拔 1941m。库容 2.19 亿 m³。水源区河流属长江水系、金沙江流域, 主要入库河流有牧羊河和甸尾河。牧羊河全长 50km, 控制径流面积 373km²; 甸尾河, 全长 20km, 控制径流面积 149km²。两河在境内寺山和狮子山之间汇合后流入松华坝水库。水源区内年产水量约 1.99 亿 m³, 日供水 45.7 万 m³。其保护范围行政区划涉及盘龙区的双龙乡、松华乡、滇源镇及阿子营乡。

2 保护区划分情况及产业政策限制

2.1 松华坝水源保护区划分情况

根据《昆明市松华坝水库保护条例》, 将松华坝水库径流区 629.8km² 及水库枢纽工程划为松华坝水库水源保护区 (以下简称水源保护区) 范围; 水源保护区范围按照水域功能和防护要求, 划分为一、二、三级保护区: ①一级保护区为水库正常水

位线 (黄海高程 1965.5m) 沿地表外延 200m 的水域和陆域内; 冷水河、牧羊河河道上口线两侧沿地表外延 100m 的区域内; ②二级保护区为一级保护区外延 1500m 的区域内; ③三级保护区为一、二级保护区以外的径流区域。

2.2 产业政策受限情况

2.2.1 “条例”对区域产业的限制 (表 1)

2.2.2 受限的产业类型分析

从《昆明市松华坝水库保护条例》来看, 一切存在排污 (水) 的建设项目在水源保护的一级、二级、三级保护均受到限制。各类工业项目尤其是排水量大、污染物成分复杂、毒性大的工业项目如皮革制造、发酵、酿造工业、纸浆制造业、基础化工、电镀、石油加工、钢铁工业、有色金属冶炼等, 此类行业无论直接或间接向水体排污, 均将引起水源污染问题。此外, 破坏水源涵养和可能加大面源污染的建设项目有矿山开采、畜牧业、种 (养) 殖业、土地开发建设等项目等。

3 松华坝水源保护区现有产业结构

松华坝水源保护区森林覆盖率约 63%, 除森林面积外, 其余大部属农田、耕地、村宅用地, 属于传统农业区。农业占区域产业结构的 96%, 其次有少量种植业、旅游服务 (第三) 产业及少量加工业。鉴于松华坝水源保护区在昆明市社会经济中的重要地位, 为方便水源保护区管理, 使水源保护工作更加有力, 2009 年将原属嵩明县管辖的滇源镇及阿子营村划归盘龙区管辖。随着对松华坝水源保护的日益重视, 近年来先后开展了饮用水源地调研、规划编制等工作, 现阶段区域产业结构发生

了较大变化, 农业格局已改变, 大部分农田已停止耕作, 逐步改为水源涵养林; 水源保护区对区外人

员实施了限制入内措施, 旅游服务等第三产业正逐步取缔, 原有加工业等逐步劝退。

表1 松华坝水库相关产业政策限制

| 水源保护区级别 | 相关产业政策限制 |
|---------|---|
| 一级 | <p>除遵守二级、三级保护区规定外, 还禁止下列行为:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 设置排污口, 直接或间接向水体排放污水、废液; (2) 与水源保护无关和产生污染的船只下水; (3) 向水域、陆域倾倒、堆放、掩埋废液、废渣、病死畜禽及其他废弃物; (4) 在水域游泳, 水上训练以及其他体育、娱乐活动; (5) 在水体内或临近水源的地方洗刷车辆、衣物和其他器具; (6) 毒鱼、炸鱼、电鱼、钓鱼、偷盗水生动物和猎捕水禽; (7) 围滩造田、围库造塘、网箱养殖和放养畜禽; (8) 设置商业、饮食、服务网点。 |
| 二级 | <p>除遵守三级保护区的规定外, 还禁止下列行为:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 新建、扩建与供水设施、保护水源、改善水质无关的建设项目; (2) 新建、扩建排污口; (3) 设置畜禽养殖场; (4) 旅游、露营、野炊; (5) 设置有害化学物品的仓库或者堆栈; (6) 无防护措施运输强酸、强碱、毒性液体、有机溶剂、石油类、高毒高残留农药等危险物品的车辆进入; (7) 洗矿、挖沙、采石、取土等破坏水质的活动。 |
| 三级 | <p>禁止下列行为:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 新建、扩建直接或间接向水体排放污染物的建设项目; (2) 在禁止开垦区内开垦土地; (3) 盗伐滥伐林木, 破坏水源涵养林、护岸林以及与保护水源有关的植被; (4) 破坏水库枢纽工程、堤防、护岸和防汛、水文、水质监测、环境监测等设施; (5) 使用对人体有害的鱼药; (6) 使用含磷洗涤用品及不可自然降解的泡沫塑料制品; (7) 移动、破坏界桩、界碑等警示标志; (8) 可能污染水源的其他行为。 |
| 其他 | <ol style="list-style-type: none"> (1) 在二、三级保护区内现已设置排污口的建设项目, 污染物排放应当符合国家《污水综合排放标准》规定。 (2) 按照水域功能水质标准和防护要求, 对进入水源保护区的外来人员及车辆实行有效控制。 (3) 水源保护区实行封山育林、退耕还林、林分改造, 发展水源涵养林和水土保持林, 增强森林植被涵养水源功能, 防治水土流失, 改善生态环境。 (4) 水源保护区发展生态农业, 推广平衡施肥和生物防治技术, 提倡施用生物肥、有机肥和生物农药。 (5) 直接从水源保护区取水的单位和个人, 应当依法向水行政主管部门申请领取取水许可证, 并按规定缴纳水资源费。 |

4 松华坝水源保护区产业发展优势分析

(1) 优美的自然生态环境是构建区域景观的良好底质

松华坝水源保护区属传统农业区, 受工业经济发展、现代农业、旅游业的影响较小, 开发程度极低, 自然生态环境仍保持优良现状。具有非常好的自然基底。空气优良、水体洁净、森林覆盖率高、生物多样性较为丰富: 例如滇源镇皮家营村, 有一株九芯十八瓣茶花, 树龄在 500a 以上, 为云南珍稀名贵花木, 此地每年还有大批白鹭驻留, 景象非常壮观。

此外, 在水源保护区还有一些当地群众耳熟能详的景点, 较为有名的包括滇源镇旧时所称的“东鱼西雁、南苍北马”、黑龙宫、青龙宫等, 以

及阿子营乡的马金仙人洞等。

(2) 多彩的民族文化为区域锦上添花

松华坝水源保护区属多民族混居区, 主要民族包括汉、回、苗、彝等, 其中阿子营乡古时还有“彩云乡”的美誉。滇源镇有数个回、苗等少数民族聚居地, 民族文化多姿多彩, 得到了很好的传承。每年立秋时节苗族的花山节、农历六月彝族的火把节、以及回族的斋月和开斋节、古尔邦节、圣纪节等, 节日气氛都十分浓郁。再加上区域淳朴的民风, 更为民族文化增添了不少姿彩。

(3) 清冽的泉水孕育出“地杰人灵”

松华坝水源保护区分布有众多泉眼, 其中滇源镇就有近百处。滇源镇原名白邑乡, 旧时又名邵甸。这里是松花坝水库上游, 系盘龙江正源。此地

泉眼遍布，过去曾有“白邑九十九眼龙潭”之说。如今，较大的泉眼尚有青龙潭、黑龙潭、白龙潭、黄龙潭等。

泉水流经的地方，景色优美、物种丰富，群众安居乐业，世代人才辈出。水源保护区因以农业为主，这里的人们勤劳朴实、心地善良：男性通常是耕作的能手，不少女性也是劳动模范，并且心灵手巧，刺绣、藤（竹）编、织绵、制作各种特色美食，都非常出色。

除传统产业外，随着生活水平的不断提高，当地居民的教育水平也不断提高，在划归盘龙区管理之前，滇源镇教育水平曾居全县前列，因此在县境内有“人杰地灵”的美誉。

(4) “田园式”乡村生活环境令人留恋忘返

走入松华坝的寻常百姓人家，你会发现，这里的人家院落别致、建筑分区合理、房屋各具特色；邻里之间院墙相接，生产、生活常常相互关心与照顾，关系十分融洽、相处非常和睦。令人有“鸡犬相闻、世外桃源”的感觉。

(5) 滇式建筑与生活方式在此得到充分展现

在松华坝水源保护区，滇式一颗印建筑虽已呈现败落情形，有逐步被现代建筑所取代的趋势，但目前保留下来的建筑仍较常见；描述云南独特的地理位置民风民俗所产生的一些特有甚至奇怪的现象和生活方式的“云南十八怪”中，“草帽当锅盖、竹筒能当水烟袋、老太爬山比猴快、脚趾常年都在外”等在该区域有着充分的展现。老昆明童谣中的“城门几仗高、躲猫猫、跳海牌、滚铁环、弹弹珠”等很多游戏，在这个区域都能够寻到。

5 松华坝水源保护区产业格局建议

鉴于松华坝水源保护区的特殊地位，在保护水源的同时，水源保护区人民付出了很多，经济发展受到严重限制，农民人均纯收入历年居全市末列。然而换个角度来看，也正因为受到了限制，所以水源保护区的自然生态环境得到了较好的保护，也为水源保护区今后可以向着更好、更优的方面发展作好了铺垫。

松华坝水源保护区具有前述的各种优势，在水源得以保障的前提下，保护区的产业调整方向建议可以从如下方面进行一定调整：

(1) 继续对污染大的工业项目实施限制政策

工业项目环境污染较大，尤其是水污染物排放量大的工业企业，在水源保护区要实行严格的限制政策。对目前仍存在的一些工业企业，要逐步

劝退。

(2) 加强农业面源污染控制

农业面源污染在整个松华坝水源保护区的污染负荷中曾占据较高比例，目前已逐步实施退田、退耕政策，水源保护区群众给予了大力支持。目前所退农田、耕地逐步转变为水源涵养林，对涵养水源、净化水源具有十分重要的作用。下一步适宜继续实施各项面源污染控制工程。

(3) 继续推进保护区生态化、景观化建设

2011年3月，省委常委、市委书记仇和率副市长王道兴、副市长李喜等有关领导视察工作，对盘龙区松华坝水源保护区管理工作做出了重要指示。盘龙区各级各部门迅速行动，以建设生态化、景观化松华坝水源保护区为目标，开展了系列工作。

(4) 适度发展不突破环境容量的旅游业

松华坝水源保护区具有较好的景观资源，民族文化绚烂；在完善各项污染治理基础设施的前提下，可以适度发展不突破环境容量的旅游业。建议考虑从如下方面进行开发：

①生态农业体验区。随着城镇化进程的不断加快，乡村正以很快的速度迅速萎缩，尤其是邻近城郊的乡村。松华坝水源保护区作为较近的乡村，目前能得以较好的保留，与水源保护息息相关。区域可开辟一定区域，为城市居民，尤其是子孙后代体验农业生产提供环境。但该区域不得使用化肥、农药等对水源产生较大污染的化工产品，并且开发程度应大大低于区域环境容量，污染治理设施必须完备，且不宜在一、二级保护区开发。

②生态旅游观光区。参照国内有名的九寨沟、喀纳斯、泸沽湖等景区管理经验，在污染治理设施完善、控制好旅游人数、提供较高管理水平的前提下，水源保护区可开发少量黄金旅游线路。例如松华坝水库大坝上游盘龙区至松华乡沿线的赛典赤真身墓、水库区远眺、森林区氧吧；松华乡至滇源镇的坝区美景、黑龙潭、青龙潭等；滇源镇至阿子营乡的马金仙人洞、朵格黄龙洞、者纳溶洞等。但线路应避免水源保护一级保护区。

③民族风情体验区。松华坝水源保护区民族风情多姿多彩，滇源镇的团结村、菜子地，阿子营乡的侯家营村等，尤其是每年的开斋节、花山节，是体验当地民族风情的最好时机。

④滇文化体验区。松华坝水源保护区具有众多典型的滇式建筑，蕴藏着原汁原味的滇文化，目前

的首要工作是对这些建筑、文化遗产加以保护和修缮,这比起在一些区域新建滇文化体验区更有意义。除旅游观光外,在这里还可以体验民族刺绣、藤(竹)编、织绵等传统手加工作业,真实感受“云南十八怪”、“老昆明童谣”中的美好意境。

⑤“田园”生活保护区。在昆明市近郊,松华坝水源保护区是最近也是十分美丽的“田园”生活区,他可以给都市繁忙的工作人员们提供一个心灵休息、放松的地方。为保护水源,保护区政府部门采取了一些限建、搬迁措施,其中水源一级保护区内居民已开始搬迁,将全部退出一级保护区;对二、三级保护区实施限建。以上措施对遏制土地无序开发、限制保护区人口过度增长、控制农村污染具有十分重要的意义。水源保护区人民对保护饮用水源付出了很多,在环保和技术经济可行的条件下,建议对区域居民世代生存的生活环境加以保护。可以采取重点保护、合理规划、部分重建的策略,采取有力的污染治理措施,控制好农村生活污染问题。相信通过合理规划建设,农村居民生活污染问题可以得到有效控制,不致影响饮用水源。这样,水源区“田园式”生活环境将得以保护,同时也可城市居民提供适时的体验、休闲场所,也可避免乡村环境过快城镇化。

(5) 适度发展教育科研及房地产业

委托环境保护专业机构对区域环境容量进行科

学测算,委托规划设计单位组织细致的规划,借区域“地杰人灵”的自然和人文环境,可以提供良好的教育、科研、居住环境,但一切工作均要以保护饮用水源为第一要务,开发力度按最弱级。

6 结语

水是生命之源,松华坝水源保护区在昆明市社会经济中具有十分重要的战略意义。为保护饮用水源,保护区已失去了很多发展的机会,保护区人民付出了很大代价。如何在以保护水源为本的前提下,给保护区提供适度的发展空间,是本文思索和探讨的问题。希望保护区自然生态环境越来越佳,人民生活水平越来越高,我们赖以生存的饮用水源水质也越来越好。

参考文献:

- [1] 张坚, 马兰. 松花坝饮用水源地调研报告 [R]. 昆明: 昆明市环境科学研究院, 2004.
- [2] 和树庄. 环滇池区域经济发展中水源地居民的补偿问题探讨 [J]. 云南环境科学, 2004, 23 (4).
- [3] 李宗逊. 水源保护区保护的概念框架—以昆明市松华坝水源保护区为例 [J]. 生态环境, 2007, (8).
- [4] 王志飞. 松华坝饮用水源地补偿政策探讨 [J]. 环境科学导刊, 2007, 26 (3).
- [5] 刘彦随, 吴传钧, 鲁奇. 21世纪中国农业与农村可持续发展方向和策略 [J]. 地理科学, 2002, 22 (4).
- [6] 李国平, 杨开忠, 方森. 水源保护区可持续产业发展方向研究 [J]. 北京大学学报 (哲学社会科学版), 2001, 38 (4).

A Preliminary Study on Industrial Structure in Songhuaba Water Source Protected Area

LI Li-zhen¹, GUO Peng-heng²

(1. Kunming Institute of Environmental Science, Kunming Yunnna 650032 China)

Abstract: In view of the restricted industrial development in Songhuaba Water Source Protected Area, its current industrial structure and development advantage, the authors put forward such recommendations on the industrial structure as 1) to continue the restriction on the major polluting industrial projects; 2) to strengthen the agricultural non-point source pollution control; 3) to keep promoting the protection of ecological and landscape construction; 4) to properly develop tourism within the environmental capacity, including ecological agriculture experience zone, ecological scenic area, ethnic customs experience zone, Yunnan-culture experience zone, "Pastoral" Life Reserve; 5) to properly develop education, scientific research and real estate.

Key words: water source protected area; environmental protection; industrial structure; Songhuaba

水葫芦制备生物气高效工艺中试研究

吴泽宇

(自由撰稿人, 云南 昆明 650000)

摘要: 在 5m^3 发酵规模探索水葫芦中温厌氧制备生物气的高效工艺发酵, 试验表明工艺的发酵启动配方为污泥水:水葫芦:猪粪便=4:3:0.5, C/N 30, TS 8%, 酵补料为100%水葫芦, 发酵温度 $35\sim 45^\circ\text{C}$, 间歇搅拌, pH控制 7.7 ± 0.1 , 其中技术要点包括水葫芦应尽量粉碎均匀, 接种醋酸杆菌加快酸化速度, 添加尿素补充氮素养分等。

关键词: 水葫芦; 中温厌氧发酵; 中试

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0061-03

水葫芦又名水塘水仙、凤眼莲, 属雨久花科, 凤眼莲属, 为多年生水生植物, 原产南美, 于20世纪30年代引入我国。初做鲜饲料, 后为景观植物, 有净化水体的功能。近30a来, 中国水体迅速富营养化, 导致水葫芦疯长泛滥, 呈现生态灾难^[1]。水葫芦用作厌氧发酵原料制备生物气(沼气)研究可追溯到20世纪的50年代, 长期的研究明确了水葫芦厌氧发酵的原理、工艺流程、控制参数、技术难点以及环境风险。虽然发酵规模局限于实验室, 不能直接工业化应用, 但具有一般性的技术指导意义^[2-7]。本研究在前期探索性研究的基础上, 力图开拓水葫芦厌氧发酵的高效工艺, 使其作为能源植物利用进行企业化运作成为可能。

1 材料和方法

1.1 时间地点

2007~2008年, 在云南省洱源县三营镇新龙沼气站开展试验, 周期90d。

1.2 试验装置

5m^3 厌氧发酵系统由原料粉碎调配进料系统、中温厌氧发酵系统、沼气净化和储气系统、太阳能热水循环系统、参数监控仪表板系统等组成。由 5.5m^3 发酵罐、 5.5m^3 储气罐、 2.5m^3 热水罐、 2.5m^3 冷水罐、 2.5m^3 储肥罐、 35m^2 太阳能集热板、粉碎机、调配罐等部件通过泵、管道、线路等连接组成(图1)。主要仪器和仪表包括沼气分析仪(武汉四方光电科技有限公司)、数字显示仪(联泰仪表有限公司、XMZ型)、沼气压力表(江西节能仪器仪表厂)、太阳辐射照度表(锦州华天气象仪器制造有限公司)、压力表(西安自动仪表

一厂)、数字温度计(沈阳百川仪表厂、XWT-S型)、小型台式记录仪(上海自动化仪表三厂、XWT-S)、热水表(昆明市水暖器材厂、AN3.5)等。



图1 5m^3 中温厌氧发酵系统

1.3 试验方法

1.3.1 试验原料

水葫芦打捞自洱源县西湖, 奶牛粪便收购于新龙村, 接种剂为 200m^3 沼气系统发酵液, 尿素购于云天化公司(含氮量46%), 醋酸杆菌用10L全自动发酵罐培养(菌种浓度 $2.5\sim 5\times 10^9\text{CFU/ml}$)。

1.3.2 发酵配方

启动发酵配方为水葫芦:奶牛粪便:接种剂=67:29:3, 水葫芦约占70% (w/w), 补料为净水葫芦, 启动料和补料均按重量比0.015%补充尿素, 按体积比0.05%添加醋酸杆菌。

1.3.3 实验方法

新鲜水葫芦用柔性物料粉碎机切碎为2~5cm长的碎片, 按发酵配方添加原料, 在调节池中调配搅拌混匀, 添加经螺杆泵以间歇方式送入厌氧发酵

罐，第一次进料达有效容积80%，35℃恒温发酵，前20d连续采样、此后间歇5d采样检测进料和出料的TS、VS、VFA、pH，分析气体CH₄、CO₂、N₂百分比含量，镜检发酵液，当pH趋于中性并稳定，VFA降至(150+450)mg/L以下、CH₄含量>50%时，开始补料，从100kg起间隔5d增加100kg逐步提升负荷，直至试验结束。

1.3.4 参数测定方法

pH用玻璃电极法(GB6920-86)、TS用重量法(GB11901-89)、VFA用气相色谱法、气体含量用气相色谱法测定。

2 结果和分析

2.1 pH变化

发酵液起始pH为6.8，次日开始下降，第3d降至最小值6.0，第5d恢复到起始水平，以后逐步缓慢上升，20d开始基本稳定在7.7左右小幅波动，最大值为8.0(第75d)(图2)。

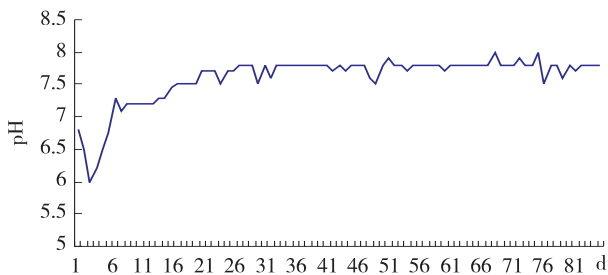


图2 水葫芦中温厌氧发酵pH变化趋势

发酵pH变化现象短暂且不明显，周期4d且变化幅度仅0.8pH单位，稳定发酵的pH为7.7±0.1个单位，从起始到pH稳定需要20d。

2.2 有机酸变化

发酵液起始有机酸浓度为1713(1266+447)mg/L，经历9d缓慢上升到最大值2670(1885+785)mg/L，然后缓慢下降，经历18d达到最小值120(100+20)mg/L，此后稳定在120±10左右小幅波动(图3)。

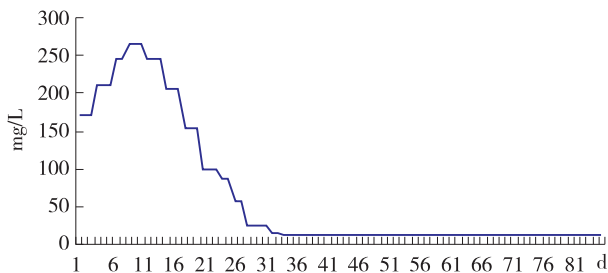


图3 水葫芦中温厌氧发酵VFA变化趋势

发酵有机酸变化现象较为缓慢，但变化幅度

很大，达2550mg/L，稳定发酵的有机酸浓度为120±10mg/L，从起始到稳定需要38d。

2.3 固形物变化

发酵原料起始TS为5.91%，VS4.57%，第21d开始补料，TS也基本稳定在6%左右，从第37d开始检测出料，TS平均为1.54%，VS平均为0.65%(图4)。

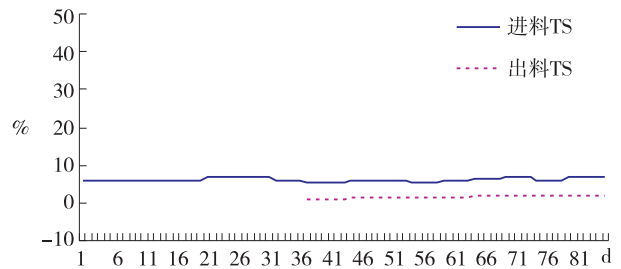


图4 水葫芦中温厌氧发酵TS变化

发酵进料TS6%，出料TS1.54%，固形物消化达4.45个百分点，消化率为75%。

2.4 产气量变化

发酵第10d即可检测到产气现象，5d达到2000L/d，此后5d波动较大，逐渐稳定在2000L/d，第38d开始产气量迅速上升，10d时间达到10000L/d，第48d及其以后基本稳定在11000L/d左右，容积产气率为1.1L/L(图5)。

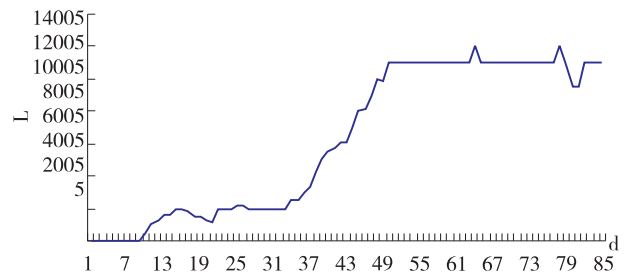


图5 水葫芦中温厌氧发酵产气量

发酵产气现象表现为两个阶段，以第48d为分界线，第一阶段稳定点为2000L/d左右，第二阶段(正常阶段)稳定点为11000L/d左右。

2.5 气体成分变化

发酵第10d气体含量甲烷20%，二氧化碳30%，氮气50%。二氧化碳含量变化不明显，在5个百分点以内，平均含量约26.3%；氮气起始含量很高，占50%，但10d内迅速下降到个位数，第20d后基本稳定在6.9%，波动很小；甲烷含量在11d内上升到70%，此后逐渐波动下降，逐渐以平均数55.5%为中心波动(图6)。

发酵二氧化碳含量相对稳定，约26.3%；甲

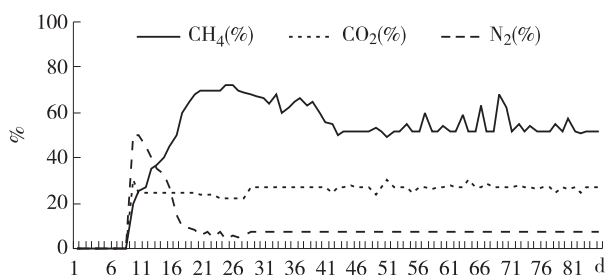


图6 水葫芦中温厌氧发酵气体成分

烷含量波动明显,从20%冲高到70%后逐渐波动下降,相对稳定于55.5%。

2.6 补料量

第一次进料5t(有效容积90%),从第20d开始补料和出料,第一次补料100kg/d,此后每间隔5d递增100kg提升负荷,65d共计补料45500kg,为发酵有效容积的8.75倍,平均日换料量700kg、置换率9.33%、置换周期8.75d,最大日换料量1300kg、置换率17.33%、置换周期4.33d(图7)。

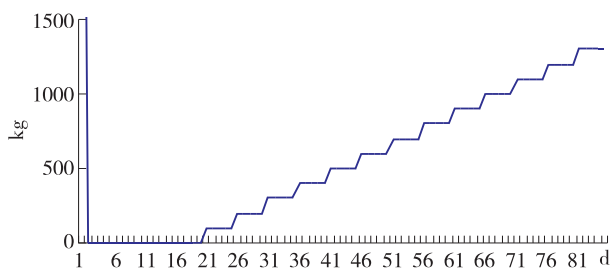


图7 水葫芦中温厌氧发酵补料量

3 讨论和结论

3.1 发酵阶段

在本试验条件下,水葫芦中温厌氧发酵10d即开始产气,发酵液pH恢复到7.2接近中性,说明厌氧发酵开始启动,即菌种驯化适应期约为10d。发酵液pH在20d稳定到7.7,甲烷含量17d即>50%,有机酸浓度38d降低到120mg/L,说明厌氧发酵菌群在适应后经历20d左右的迅速繁殖,逐渐成为绝对优势种群,建立起稳定的发酵体系,第48d产气量稳定在11000L/d。

3.2 补料影响

应考虑到实际生产的高负荷,本试验采取了大比例递增的补料方式,平均物料置换周期为8.75d,从pH、VFA、TS、甲烷含量等参数看,未对发酵体系的建立和平衡产生冲击,但产气量出现2000L/d和11000L/d两个稳定点可能和补料方式有一定关系,补料时期似乎稍早。

3.3 发酵效率

由TS显示的固形物消化率一直稳定在75%,沼肥几乎没有可见浮渣,视角感官较好,异味也很淡。发酵系统最终容积产气率稳定在1.1,甲烷含量稳定在55.5%左右,达到了较好的产气效果,具备工业化应用的前景。

3.4 pH问题

水葫芦中温厌氧发酵pH变化具有特殊性,稳定发酵pH高达7.7,与常规厌氧发酵pH接近中性不同。

3.5 建议工艺

在此试验和前期积累的基础上,初步设计高效水葫芦中温厌氧发酵工艺生产方案,建议放大到100m³以上发酵罐进行试生产。

高效水葫芦中温厌氧发酵制备生物气的工艺:

(1) 发酵物料配方:发酵启动配方为污泥水:水葫芦:猪粪便=4:3:0.5。水葫芦约占40%(体积比),C/N比30~40,TS6%~8%。发酵补料配方为水葫芦=100%,TS7%~9%。其中技术关键点包括:①水葫芦应尽量粉碎均匀,碎片长度2~5cm者占85%以上;②接种醋酸杆菌加快酸化速度;③添加尿素补充氮素养分。

(2) 发酵条件控制:发酵温度35~45℃,间歇搅拌,pH控制7.7±0.1。

(3) 连续发酵补料:当pH趋于中性并稳定,CH₄含量>50%时,可以开始补料(20d左右),物料置换率8%~10%。

(4) 发酵技术指标:稳定发酵状态应保证pH稳定在7.7左右,VFA<130mg/L,出料TS<2%,容积产气率<1.1,甲烷含量<55%。

参考文献:

- [1] 周文兵,谭良峰,刘大会,等. 凤眼莲及其资源化利用研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(4).
- [2] 张全国. 沼气技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 张全国,徐广印,杨群发,等. 户用钢制辅热式沼气发酵系统试验研究[J]. 太阳能学报, 2004, 25(6).
- [4] 兰吉武,陈彬,曹伟华,等. 水葫芦厌氧发酵产气规律[J]. 黑龙江科技学院学报, 2004, 14(1).
- [5] 朱磊,胡国梁,卢剑波. 水葫芦的资源化利用[J]. 浙江农业科学, 2006, (4).
- [6] 黄和,方日明. 标准胶加工废水加水葫芦厌氧处理的研究[J]. 中国沼气, 1999, 17(4).
- [7] 周岳溪,孔欣. 水葫芦加动物排泄物两相厌氧生物处置工艺[J]. 环境科学研究, 1996, 9(6).

(下转第71页)

凤眼莲净化治理滇池蓝藻污染的可行性研究

李晨光

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

摘要: 通过研究凤眼莲在生长过程中可吸收污水中大量氮、磷和其它重金属的特性, 对比分析凤眼莲在滇池草海放养生长中的实验数据, 认为在滇池草海放养凤眼莲治理滇池蓝藻, 改善滇池水质的措施是可行的, 论文还对凤眼莲的综合利用提出了方案。

关键词: 滇池; 蓝藻; 凤眼莲; 可行性研究

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0064-05

凤眼莲俗称水葫芦, 20 世纪 30 年代作为畜禽饲料引入我国。实验证明在富营养化的湖泊中种植凤眼莲, 通过其吸收、转化和积累作用可以在一定程度上去除水体中的内源性污染物, 从而改善湖泊的水质, 不失为一种经济、有效、节能的净化方法。由于滇池的水体富营养化, 导致蓝藻泛滥, 整个滇池受到了污染, 并丧失了供水功能。本研究利用凤眼莲治理滇池蓝藻污染的可行性, 在滇池明波河口三个 $3 \times 50\text{m}$ 用竹杆围隔成的小区域内放养凤眼莲, 对其生长及影响因素的实验数据进行研究, 结果表明, 在滇池选用凤眼莲作为净化水体中的磷、氮物质的措施是适宜的, 在草海水面或入湖河口科学地养殖凤眼莲, 作为进一步净化营养物质和其他污染物的生物防止措施是可行的。同时还提出了关于凤眼莲的综合利用方案。

1 滇池蓝藻的危害

近年来, 滇池部分水域出现大面积水华, 厚度达 $30 \sim 60\text{cm}$, 最厚处达 1m 左右, 给滇池水质带来了严重污染。不但草海, 连外海水质也从 1996 年前的 IV 类变为目前的劣于 V 类地面水水质标准。按供水功能评价, 滇池已丧失了所有的供水功能。严重制约了滇池水资源的开发利用, 加剧了水资源的供需矛盾, 不仅危及云南的旅游和昆明市的生活环境, 而且已经制约了昆明的经济和社会发展。由于蓝藻的疯长, 既散发出令人恶心的臭气, 其死亡后的尸体, 又极大地加速了滇池富营养化的进程, 现滇池的年平均湖面氮、磷负荷分别达到 $15.7\text{g}/\text{m}^2$ 和 $1.5\text{g}/\text{m}^2$ 以上。任何湖泊的 N、P 负荷达到这种水平都会发生富营养化, 富营养化的水体就要长藻类、藻类的疯长和死亡又加速了水体的富

营养化, 这种恶性循环使耗资 40 亿元的滇池污染治理的成果在感观上功亏一篑, 若不及时采取果断有力的措施, 滇池可能因为蓝藻的污染而变成臭湖、死湖。

2 蓝藻治理是世界上共同关注的研究领域

以蓝藻为代表的藻类治理已成为世界性科研攻关课题。近年来一些重要湖泊相继发展到水华频发和沼泽化, 同时藻华的危害不仅影响湖泊的各种使用功能, 而且产生的藻毒素及其衍生物, 对人体健康和人类繁衍生存有着严重危害, 对地区经济和社会的可持续发展形成了严重威胁, 形势十分严峻。湖泊富营养化及其水华灾害的形成、发展以及目前的严重态势, 与近二十年来中国工农业的迅速发展和城市化进程密切相关, 尤其是大量城镇和流域的生活污水、面源污染物及畜禽污水排入湖。一些不合理的人为开发活动如围湖造田、森林砍伐、网箱养鱼以及湖滨湿地破坏等, 加之环境意识淡薄, 环境管理缺乏力度, 致使中国许多湖泊生态系统出现障碍, 水体富营养化越来越严重, 这是一个长期污染和综合作用的结果。因而湖泊一旦富营养化, 其恢复的难度是很大的, 根据国际上的经验, 一个大中型浅水湖泊, 严重富营养化的治理, 水质恢复需要十余年到数十年。控制湖泊污染与富营养化、治理蓝藻、保护水资源是当前乃至今后相当一段时间内摆在中国各级政府和科学家面前一项十分艰巨的任务, 是世界上共同关注的研究领域, 需要管理专家和科技专家密切合作迎接挑战。2000 年 9 月在云南大理召开的高原湖泊治理专题研讨会上, 各国专家一致认为, 滇池蓝藻治理目前采用的方法和技术路线还远远不能适应滇池污染治理的总体要求。

3 滇池蓝藻蔓延污染的主要原因

藻类生物量是水体富营养化的特征性指标(状态表征量)。滇池浮游藻类共计有蓝藻、绿藻、硅藻、甲藻和黄藻等5个门类。其中又以蓝藻和绿藻数量占绝大多数,分别为20种和34种;以生物量而言,蓝藻占明显优势。

滇池蓝藻的生长及水华受多种因素影响,一般认为N、P是蓝藻生长的主要限制因素。由于滇池N、P浓度很高,TN在3.17~13.01mg/L,TP为0.17~1.20mg/L,已远远超过国际上公认发生富营养化所需的(TN 0.2mg/L、TP 0.05mg/L)浓度。因此滇池蓝藻的生长及水华是必然的。富营养化过程实际上是水生态系统中浮游植物建立优势群落的过程。蓝藻水华致使水体的DO下降,透明度降低,TOC、COD和BOD上升,影响感官并散发恶臭。蓝藻水华暴发后,细胞死亡分解,蓝藻毒素开始从细胞体内释放到水体和大气中,随着蓝藻数量的增加,释放毒性很强的肝毒素及神经毒素日益严重,不仅严重威胁附近的居民的身体健康,对滇池的美好形象和云南的旅游事业的发展也造成了不可低估的负面影响。

根据专家预测,即使对滇池的点源、面源、内源等污染源都按计划采取了有效的工程措施后,滇池外海的总磷浓度仍然达不到国家地面水Ⅲ类标准的要求。对滇池这类高磷浓度的湖泊,即使投入上百亿元资金削减了入湖总磷负荷,只要滇池水体中总磷的浓度还在0.05~0.09mg/L的临界点(转折点)范围内,就必能达到预期的滇池富营养化的逆转。昆明市环保局《滇池污染综合治理效果阶段评估》认为:“蓝藻应急工程(已花投资3000万元)中,机械抽吸效果有限;药剂除藻虽有效果,但显效期短,有无负面的影响有待研究。由云南省环保局2008月《滇池水污染防治调研报告》中的基本结论得知:由于社会经济快速增长和城市迅速膨胀,滇池污染治理速度赶不上污染速度,导致入湖总量持续增长。这就仍需我们找到有效、易行的蓝藻水华污染控制技术。

4 凤眼莲治理滇池蓝藻的科学依据

4.1 凤眼莲与各水生植物生长的影响

有关凤眼莲的生长及其影响因素的研究报告较多,这些研究结果证明,凤眼莲的生长量与生长地点、气候、水体营养水平以及植株覆盖度等许多环境和生物因子有关。水生植物是喜温的植物,它们的生长与温度有直接关系。温度高生长快,温度低

生长慢。然而也有一定的适温限度,超过这个限度便引起枯黄、死亡。

浮萍的适温生长在21~30℃,27℃生长最快,低于20℃或高于35℃生长缓慢,发芽受到抑制。

水浮莲的适温在15~35℃,低于5℃或霜冻就会死亡。

凤眼莲的适温范围是7~35℃,7℃以下一般不能越冬。其生长情况与水温关系见表1。

据长江生产研究所对七种水生植物研究结果:在适温范围内,由于温度增高,代谢加速,水生植物吸收氮、磷等营养物也增加了(见表2)。

表1 凤眼莲生长与水温的关系

| 日平均水温/℃ | 20~25 | 25~30 | 27~30 | 27~28 |
|---|---------------|---------------|-----------------|----------------|
| 日最高水温/℃ | 26~30 | 30~35 | 32~35 | 35 |
| 凤眼莲增长率/ kg·hm ⁻² ·d ⁻¹ | 3000~ 4500 | 7500~ 9000 | 10500~ 16500 | 9000~ 13500 |

表2 不同温度下各水生植物对氮磷营养物的吸收率

| 品种 | 温度/℃ | 植物吸收率 |
|-----|------|-------|
| 凤眼莲 | 22 | 0.63 |
| | 30 | 1.08 |
| 菹草 | 22 | 1.47 |
| | 30 | 1.64 |
| 水花生 | 22 | 0.11 |
| | 30 | 0.38 |
| 浮萍 | 22 | 8.11 |
| | 30 | 8.35 |

昆明地处亚热带气候带,多年平均气温14.8℃,最冷月是1月,平均气温7.8℃,最热月是7月,平均气温19.8℃。入滇池排污河道及滇池水体水温分别在12~29℃和12.5~24℃内波动。从上述几种水生植物的适温范围分析,昆明地区水体的温度很适宜凤眼莲生长,特别是3~10月,生长速度最快。

4.2 凤眼莲对氮磷的净化作用

大量的国内外研究表明,水生植物对N、P和有机物等有明显的净化效果。据Wooten试验,5个串连凤眼莲净化池的结果表明:污水中NH₃-N、NO₂-N及PO₄-P有不同程度下降(见表3)。

浙江农大区尹正等研究认为,水中含氮量达60mg/L,水浮萍等其它5种水生植物就已出现枯萎,但凤眼莲生长依然良好。

冲阳子的试验表明, 试验水含氮高于 20ppm 时, 凤眼莲成株生长很好; 含氮达 40ppm 时幼株生长量最大, 新株增长也最快, 超过 40ppm 后, 幼株生长逐渐减少, 当含氮达 160ppm 时, 幼株根部生长受抑制, 但成株生长仍正常 (表 4)。可见凤眼莲具有很高的耐氮特性。

表 3 凤眼莲对氮的净化作用研究 (mg/L)

| 池号 | NH ₃ - N | | NO ₂ - N | | PO ₄ - P | |
|----|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | 第 1d | 第 15d | 第 1d | 第 15d | 第 1d | 第 15d |
| 1 | 9.7 | 0.6 | 2.6 | 0.29 | 28.7 | 18.7 |
| 2 | 5.5 | 0.7 | 1.5 | 0.07 | 26.2 | 5.0 |
| 3 | 4.2 | 0.6 | 0.8 | 0.13 | 23.7 | 15.0 |
| 4 | 3.5 | 0.1 | 2.5 | 0.05 | 19.3 | 15.0 |
| 5 | 0.6 | 0.2 | 10.0 | 0.03 | 21.0 | 17.5 |

表 4 凤眼莲对氮的净化作用研究

| 水中含氮量 /ppm | 凤眼莲含氮/% | | 鲜重指数/0ppm 时为 100 | |
|------------|---------|------|------------------|-----|
| | 成株 | 幼株 | 成株 | 幼株 |
| 0 | 3.91 | 2.69 | 100 | 100 |
| 10 | 5.99 | 5.17 | 144 | 155 |
| 20 | 5.46 | 5.67 | 182 | 214 |
| 40 | 6.27 | 5.83 | 182 | 309 |
| 80 | 6.90 | 6.03 | 180 | 218 |
| 160 | 7.53 | 8.23 | 190 | 209 |

区尹正等人的研究还表明: 对 N、P 的净化效果, 凤眼莲 > 水浮莲 > 水花生 > 槐叶萍 > 细绿萍, 其中凤眼莲对 TN、NH₄ - N、TP 和 DP 的去除率分

别为 98.4%、97.0%、88.2% 和 100%。

Haller 等人研究结果: 凤眼莲吸收磷的能力是一般植物的 5 倍。据冲阳子等试验结果, 当水中 TP 浓度达 32ppm 时, 水浮莲等其它 5 种植物均已枯萎, 而凤眼莲生长仍然旺盛, 可见凤眼莲的耐磷特性很强。

4.3 不同生长期各覆盖度下的凤眼莲打捞量的比较

在滇池草海选择明波河口为试验基地, 用竹竿围隔成 3 个 3 × 50m 的小区, 放养凤眼莲, 研究其生长及其影响的因素。待每个围隔内的凤眼莲生长正常后, 分别控制 3 个围隔内的凤眼莲覆盖度为 30%、50%、和 70%, 并分别称量每个围隔中初始放养的凤眼莲量。随后, 按其生长周期为 210d 计, 在凤眼莲生长期 (4、5 月)、生长旺盛期 (8、9 月) 和生长停滞期 (11、12 月) 定期打捞, 打捞时间间隔为生长旺盛期 5d 打捞 1 次, 生长期和停滞期 10d 打捞 1 次, 使各小区保持原来的覆盖度 (见表 5)。

现场试验观察历时一周年, 表 5 再次证明, 凤眼莲的生长量与生长地点、气候、水体营养水平以及植株覆盖度等生态因子有关, 且不同植株覆盖度的生长量存在明显的差别。

Boylol 经研究得出, 每天每公顷凤眼莲吸收氮、磷量分别为 3.4kg 和 0.43kg。不仅如此, 凤眼莲对 BOD、COD 具有高的降解能力, 对铜、锌、铅、砷、镉等重金属有较好的吸收能力。

表 5 不同生长期各覆盖度下的凤眼莲打捞量

| 生长期 | 日期 | 天气 | 气温/°C | 水温/°C | 打捞量/kg | | | 备注 | |
|-----|-----------|------|-------|-------|---------|---------|---------|--------------|-------------|
| | | | | | 覆盖度 30% | 覆盖度 50% | 覆盖度 70% | | |
| 生长期 | 4 月 28 日 | 晴 | 20 | 18.5 | 93 | 155 | 217 | 整理试验场, 初始放养量 | |
| | 5 月 8 日 | 晴 | 29.5 | 25 | 95.89 | 86.30 | 107 | | |
| | 5 月 19 日 | 晴转阴 | 20 | 17 | 130.47 | 329.40 | 423.20 | | |
| | 5 月 29 日 | 晴 | 26 | 24.6 | 258.86 | 101.50 | 245 | | |
| 旺盛期 | 7 月 31 日 | 多云见晴 | / | / | 300 | 425 | 665 | 整理试验场, 初始放养量 | |
| | 8 月 5 日 | 晴见多云 | 25 | 23 | 107.50 | 215 | 235 | | |
| | 8 月 10 日 | 晴 | 30 | 25 | 135 | 227.50 | 220 | | |
| | 8 月 15 日 | 晴 | 28 | 25 | 15 | 20 | 35 | | 草海放水, 试验场干涸 |
| | 8 月 20 日 | 晴 | 30 | 26 | 不明显 | 28 | 不明显 | | 草海放水, 试验场干涸 |
| | 8 月 25 日 | 晴 | 29 | 26.50 | 162.50 | 220 | 185 | | |
| | 9 月 1 日 | 阴 | 25 | 23 | 231 | 294 | 290.50 | | |
| 停滞期 | 10 月 30 日 | 阴、小雨 | 17 | / | 465 | 700 | 665 | 整理试验场, 初始放养量 | |
| | 11 月 10 日 | 阴 | 19 | / | 29 | 240 | 38.50 | | |
| | 11 月 20 日 | 晴转阴 | 15 | 18 | 14.80 | 62.40 | 83.20 | | |
| | 12 月 3 日 | 晴 | 17 | 14 | 214.20 | 113.10 | 57.4 | | |

由表 5 可以看出, 在生长地点一定的前提下, 凤眼莲的生长量与气温和水温密切相关。统计分析指出昆明 7、8 两月的月平均气温最高, 凤眼莲的月生长量也最大。在 10~12 月试验期间, 气温较低, 生长量也低, 当月平均气温低于 11.1℃ 时, 凤眼莲生长量趋于 0。

水温对凤眼莲的生长量与气温的关系相同, 4、5 月是凤眼莲的生长期, 其生长量随着月平均气温的升高而增大; 7、8 两月气温最高 (27.8℃), 是凤眼莲的生长旺盛期, 其生长量达到峰值。生长旺盛期过后, 随着月平均气温的下降, 凤眼莲生长量减少。11、12 月是凤眼莲的生长停滞期, 气温较低, 其生长量也最小。

4.4 不同时期凤眼莲生物量变动与水质变化关系

分析

凤眼莲由于其独特的生物学特性, 对污水的净化效率明显优于其他水生植物, 能有效地去除污水中氮、磷等营养元素, 降低 BOD、COD, 吸收和富积各种重金属元素和有毒化合物。一般来说, 凤眼莲对污水中氮、磷等营养物的净化效率与污水中氮、磷营养的浓度负荷有很大的相关性。为此, 在调查凤眼莲生物量的同时, 选择了 4 种水质指标 (BOD、COD、T-N、T-P) 进行同步监测, 以分析凤眼莲生物量变动与水质变化的关系。水质指标分析方法如下: 利用恒温培养箱培养法 (20 ± 1℃) 测 BOD, 高锰酸钾法测 COD, 碱性过硫酸钾氧化紫外分光光度法测 T-N, 过硫酸钾分光光度法测 T-P。实验记录见表 6。

表 6 4 种水质指标监测记录

| 生长期 | 取样日期 | BOD ₅ / mg · L ⁻¹ | COD _{Mn} / mg · L ⁻¹ | T-N/ mg · L ⁻¹ | T-P/ mg · L ⁻¹ | 平均生物量/kg · m ⁻² · d ⁻¹ | | | 备注 |
|-----|--------|--|---|------------------------------|------------------------------|--|---------|---------|-------------|
| | | | | | | 覆盖度 30% | 覆盖度 50% | 覆盖度 70% | |
| 生长期 | 5月8日 | 54.73 | 30.65 | 24.70 | 2.54 | 0.192 | 0.173 | 0.214 | |
| | 5月19日 | 37.76 | 25.42 | 20.76 | 2.84 | 0.237 | 0.599 | 0.769 | |
| | 5月29日 | 13.34 | 19.91 | 16.65 | 1.82 | 0.518 | 0.203 | 0.490 | 草海放水, 试验场干涸 |
| 旺盛期 | 8月5日 | 23.86 | 14.61 | 10.03 | 1.64 | 0.43 | 0.86 | 0.94 | |
| | 8月10日 | 22.50 | 16.05 | 10.00 | 1.28 | 0.54 | 0.91 | 0.88 | |
| | 8月15日 | 51.50 | 22.41 | 19.37 | 2.07 | 0.06 | 0.08 | 0.14 | 草海放水, 试验场干涸 |
| | 8月20日 | 38.23 | 16.74 | 12.78 | 1.53 | 0.65 | 0.88 | 0.74 | |
| | 8月26日 | 35.19 | 16.43 | 21.25 | 1.99 | 0.66 | 0.84 | 0.83 | |
| 停滞期 | 10月10日 | 41.85 | 21.34 | 23.34 | 2.57 | 0.058 | 0.48 | 0.077 | |
| | 10月20日 | 52.80 | 23.61 | 23.61 | 2.64 | 0.030 | 0.12 | 0.17 | |
| | 10月30日 | 31.76 | 17.90 | 24.40 | 2.55 | 0.33 | 0.17 | 0.088 | |

由表 6 可以看出, 随着凤眼莲生物量的变动, 草海水质也在波动。在生长期 (4、5 月) 随着凤眼莲生长量上升, 各项水质指标 (BOD、COD、T-N、T-P) 开始下降。在生长旺盛期 (7、8 月), 凤眼莲的生长量最大, 各项水质指标降到最低点, 此时草海水质最好。生长旺盛期过后, 凤眼莲的生长进入停滞期, 凤眼莲生长量逐渐减少, 水质指标又开始上升。

凤眼莲生长量大时, 草海水质较好。从表中还可看到, 在生长期和生长旺盛期各有一次生物量最低点, 主要是由于草海放水致使试验基地的湖水干涸, 凤眼莲生长量明显减少, 各项水质指标有所上升, 尤以 BOD 变化最为明显。这更能说明凤眼莲生物量变动与水质变化的关系。由此可以得出, 草海的水质在生长旺盛期好于生长期, 停滞期水质最差。

5 研究结论

5.1 利用凤眼莲治理滇池蓝藻是可行的

由实验数据分析可知在昆明地区选用凤眼莲作为净化水体中磷、氮物质的措施是适宜的。草海是直接接纳昆明城市污水的水体。因此, 在草海水面或入湖河口科学地养殖凤眼莲, 作为进一步净化营养物质和其它污染物的生物防治措施是可行的。

5.2 利用凤眼莲做绿色饲料

实施凤眼莲生物除藻后, 采用综合处理工艺处置, 主要用于生产饲料。将凤眼莲围圈拖运至采收码头。然后用带式输送机传送至凤眼莲整株晾晒场沥水晾晒, 切成碎料, 晾晒 2d, 送至干燥。采用热喷技术, 生产优质膨化饲料。该技术具有特殊的脱毒作用。

5.3 综合利用凤眼莲

(1) 凤眼莲易于控制, 打捞成本低。蓝藻个

体细微,直径在0.38mm以下,干重40.75mg/L,打捞成本极高。凤眼莲单株重15g,干重为72500mg/L,故打捞和运输凤眼莲远较蓝藻为易。

(2) 凤眼莲综合利用价值高。经计算,以凤眼莲干粉生产成本802元/t,销售价1000元计,每年人工放养6.1km²凤眼莲,可生产干粉8.63万t,价值8630万元,年可获利1707万元。

(3) 凤眼莲干粉用于配合饲料,其营养成分高于谷类作物,属绿色饲料,销售前景很好。而蓝藻干粉不但价格上没有竞争力,还因其含有肝毒素,经试验证明对猪的生长有不良影响,其运用还有待研究。

(4) 凤眼莲净化滇池水体成本较低。凤眼莲

生长量大时,草海水质较好,凤眼莲生长进入停滞期后,水质又变差,主要体现在凤眼莲对水体中N、P的吸收作用。根据资料推算,人工控制放养凤眼莲6.1km²,可收获鲜品107万t,可去除滇池水体中TN 2667t,TP 224.7t。城市污水处理厂去除相同数量的TN、TP,每年需资金5.81亿元,节省了大量投资。

参考文献:

- [1] 邓辅唐,孙石,卿小燕,等.凤眼莲净化滇池水体及其资源化工程示范研究[J].武汉理工大学学报,2009,(12).
- [2] 李裕红.凤眼莲对水环境污染的净化作用研究概述[J].引进与咨询,2006,(2).
- [3] 中国科学院水生生物研究所,云南省环境科学研究所.滇池凤眼莲资源化技术研究[R].

A Feasibility Study on Blue Algae Pollution Control by Water Hyacinth in Lake Dianchi

LI Chen - guang

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

Abstract: Through the research on the characteristics of water hyacinth in taking in large amount of nitrogen, phosphorus and other heavy metals during its growing, the experimental data of the water hyacinth grown in the lake is compared. It is considered feasible to grow the plant in Caohai of the lake to control the blue algae for improving the water quality. The paper also suggests how to utilize the water hyacinth.

Key words: Lake Dianchi; blue algae; water hyacinth; feasibility study

水生植物治理水污染工艺及在我国的应用潜力

徐伟娜

(天津市交通建筑设计院, 天津 300201)

摘要: 浅析了水生植物的特点和生态功能, 探讨了水生植物污水处理工艺机制以及优势, 分析了该工艺在我国的应用现状和潜力。

关键词: 水生植物; 污染治理工艺; 水污染; 潜力

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0069-03

水乃生命之源, 水资源过度浪费和废水污染使人们逐渐面对水资源短缺问题。如何保护好水资源成为环境保护的重要议题。目前已研制出多种污水处理系统, 但其经费高、操作复杂让许多经济欠发达国家和地区望而却步。人们迫切需要一种实用、操作简便的污水处理系统。

1 浅析水生植物

1.1 水生植物的特点

经过许多学者的研究, 我们对水生植物有了较为全面的了解。水生植物是指那些能够适应水域环境的植物类群。研究发现, 水生植物是不同类群的植物经过长期适应水环境而形成的一种植物类群。水生植物被划分为低等水生植物和高等维管束水生植物两类。低等水生植物主要是一些藻类, 它们形态各异, 没有真正根、茎、叶的分化。我们通常所提及的水生植物主要是指高等维管束水生植物。它们结构复杂, 组织发达, 个体比较高大。根据生活方式和形态特征又被分为: 挺水、浮叶、沉水以及漂浮。

水生植物在水生生态系统中属于初级生产者。它们是自养型生物, 通过光合作用将光能转化为有机能, 以有机物形式储存在体内。水生植物对水生生态系统保持良性循环起着关键性作用。譬如: 水生植物能够将 N、P、K 等营养盐短期储存, 抑制藻类等低等水生植物的生长, 净化水中污染物, 为部分生物提供栖息地、隐蔽所以及促进水体产氧、氮循环等。

1.2 水生植物的生态功能

1.2.1 抑制水体富营养化

水生植物的 4 种类型, 挺水、浮叶、沉水以及漂浮植物都对水体中氮、磷等营养盐有很好的吸

附、净化作用。现在由于天然和人为的因素很容易造成水体氮、磷等营养盐含量超标, 造成水体溶氧量下降、水质恶化等不良后果。然而, 在水环境中氮、磷可由生物残体沉降、底泥吸附、沉积等从水体迁移到底质中。水生植物通过根部将底质中的氮、磷吸收, 从而能有效地抑制水体的富营养化。

1.2.2 富集重金属

众多研究表明, 水生植物能够富集水中的重金属。2002 年史建君研究表明, 水生植物卡州萍、水葫芦和金鱼藻对水体中的放射性元素有富集作用; 2005 年王怡研究表明, 美人蕉、菖蒲以及石菖蒲对重金属 Cu、Zn 有一定的吸附作用。水生植物能够通过其生理系统吸收水体环境中的重金属污染物或降低重金属污染物的毒性, 从而减弱水体毒性, 修复水体。水生植物一般根部富集系数大于茎叶且沉水植物大于漂浮, 浮叶大于挺水。

1.2.3 分解有机污染物

众多研究证明, 微生物具有快速分解停留在根系周围的有机物的功能。如嗜磷细菌能将水体中的有机不溶解磷分解转化为无机可溶解磷。我们知道, 水生植物淹没在水中, 它的茎、叶为大量的光合细菌、藻类和原生微生物提供了一定的生长空间, 它的根区也为部分微生物提供了活动场所。而且重金属和有机物的沉积场所主要在植物根系部位。微生物将有机物分解为无机物后被水生植物吸收, 使水生植物间接净化了水体。

1.2.4 削弱藻类繁殖率

藻类过度繁殖, 会造成水质变坏, 水生动物难以生存等。而水体中的高等水生植物与藻类在光照、营养盐方面存在着激烈的竞争。高等水生植物植株大、生命力强, 吸收营养盐的能力强, 在竞争中占据优势, 能很好地抑制藻类过度繁殖。同时某

些水生植物根系还能分泌抑制藻类生长物质，更加强了抑制藻类过度繁殖的作用。

2 水生植物治理水污染工艺的机制及其优势

2.1 水生植物治理水污染工艺机制

2.1.1 选择合适的水生植物

水生植物治理水污染的第一步就是选择和搭配好植物的类型。它对植物的治污效应起着关键性作用。正确选择和搭配水生植物能起到事半功倍的效果。一方面，考虑污染物类型。若治污对象主要是BOD和N（反硝化），对微生物需求量较大，所选植物就考虑有庞大的根系以及较强的传氧能力的；若去除污染物种类较多时就考虑选择有多种生态功能的种类的或具有不同生态功能的种类搭配使用。另一方面，考虑水生植物的影响因素，如植物的抗逆性、气候以及病虫害等。为此，经过众多科研人员的不断努力，已经筛选出了一大批具有高效去除各种污染物的水生植物，大大方便了技术人员操作。

2.1.2 发挥水生植物吸收作用

选择了合适的水生植物，将其投放到水环境中。在适宜的条件下，水生植物就要发挥它自身的水体净化功能。水生植物繁殖速度极快，形成一定数量的水生植物能大量吸收水体中的氮、磷等营养盐有效防止水体富营养化；不同种类的水生植物会发挥自身优势，吸附某些重金属，将其吸收或脱毒。对水体进行大致上的修复。

2.1.3 微生物辅助降解污染物

单纯依赖水生植物自身的净化功能是远远不够的，它还需要微生物的辅助作用。受污染的水体中含有大量的有机物。像某些大中型工厂中经常排出一些废弃的有机合成物。它们很少能被水生植物吸收利用，悬浮在水中危害很大，这就需要微生物发挥其降解功能。微生物会将有机物分解为无机盐，供水生植物吸收利用。微生物一般寄生在水生植物的根系处，可以说是微生物辅助水生植物间接净化水体。

2.1.4 物理化学作用“后期处理”

经过水生植物的处理后，还有一些污染残体没有被消除。这就需要我们利用物理、化学方法对其进行“后期处理”，通过挥发、吸附和沉降将其消除。

2.2 水生植物治理水污染的优势

2.2.1 一次性处理彻底，无二次污染

水生植物自身是绿色植物，非常环保。水生植

物将污染物吸收后，会合成自身有用物质储存在体内，排出的气体或物质也是无害的。没有二次污染也无需二次处理。对于我国不断恶化的水质问题很适用，是非常有潜力的“绿色”处理技术。

2.2.2 是“经济适用型”治理系统

水生植物是通过光合作用促使机体运转的，所以水生植物污水治理主要由太阳能来驱动。当下，污水处理系统大都由电能来驱动，以活性污泥为主的污水处理系统为例，处理污水面积大而且还要进行二次处理，必要时还要深度处理。这需要很大的电能，而且运行费用较高。相比之下水生植物处理工艺成本小，操作简便，很是“经济适用”。

2.2.3 美化水体

水生植物形态各异、婀娜多姿，是天生的大自然的装饰物。对水生植物经过美学处理，饲养在水体中，“化腐朽为神奇”，可将“臭水沟”变为“风景区”。水体经过美化后也可作为旅游景点供人们参观。

3 水生植物治理水污染工艺在我国应用现状与潜力

3.1 水生植物治理工艺在我国应用实例

目前水生植物治理工艺在我国一些城市和地区得到了利用，并取得一定成绩。如成都市在受污染的府水河岸边建造了活水公园，活水公园中饲养了大量的水生植物，一方面构成了活水公园的主要景观，另一方面有效地治理了水污染。中国科学院水生生物所尝试将污水处理和水产养殖相结合，探寻水生植物污水处理新路径。

3.2 我国水生植物应用潜力大

我国可以说是世界上拥有淡水水体面积最大的国家之一。我国最大的水系长江水系，其中、下游就拥有数以千计的淡水湖泊群。为我国对水生植物污水治理的研究提供了实验场所和科学应用的广阔天地。我国地域辽阔，使我国拥有丰富的水生植物类群。我国水生植物种类跨越温带、热带以及寒带，且淀粉类、瓜果类、药物类以及工业类应有尽有，为我国对水生植物的应用和深入研究提供了厚实的物质基础。因此我国今后应用水生植物处理水污染潜力是很大的。

4 结论

水在人们生活中扮演着重要的角色，就像鱼儿一样人类离不开水。据统计我国水资源污染程度比较大，并处在不断恶化中。我国目前还是发展中国家，对于现在高成本的污水处理系统还是难以承受

的。成本低、操作简便而又环保的水生植物处理系统对于我国无疑是很好的选择。我国在发展水生植物处理系统方面很有潜力。我们要大力发展水生植物处理工艺，保护好我们的水资源。

参考文献:

[1] 王庆安, 任勇, 钱骏, 等. 人工湿地塘床系统净化地表水的试验研究 [J]. 四川环境, 1995, 19 (1).

[2] 朱莉·斯托弗. 水危机 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 [3] 黄玉瑶. 内陆水体污染生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
 [4] 钦佩, 安树青, 颜京松. 生态工程学 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1998.
 [5] 王剑虹, 麻密. 植物修复的生物学机制 [J]. 植物学通报, 2000, 17 (6).

The Potential of Water Plants in Water Pollution Treatment in China

XU Wei - na

(Tianjin Transport Architecture Design Institute, Tianjin 300201 China)

Abstract: Based on the analysis of the characteristics and ecological function of the water plants, this paper discusses the process and advantage of water plant in the water pollution treatment, as well as its current application and potentials.

Key words: water plant; pollution treatment process; water pollution; potentials

(上接第 63 页)

A Pilot Study on High Efficient Biogas Production by Water Hyacinth

WU Ze - yu

(free contributor, Kunming Yunnan 650000 China)

Abstract: The 5m³ high - efficient fermentation test is conducted for biogas production by water hyacinth under mid - temperature anaerobic conditions. It shows that the start - up formula for such fermentation is sludge water: water hyacinth: pig feces = 4: 3: 0. 5, C/N 30, TS 8%, the feed is 100% of water hyacinth, the temperature is between 35 - 45°C, intermittent mixing, pH at 7. 7 ± 0. 1. The key technical points lie in thorough crush, facilitated acidification by Acetobactor and adding urea for nitrogen.

Key words: water hyacinth; mid - temperature anaerobic conditions; pilot test

水泥工业节能减排措施及节能量分析

刘维维¹, 付炳林², 栾景丽¹, 何艳明¹, 欧根能¹

(1. 昆明冶金研究院, 云南 昆明 650031; 2. 云南省节能技术服务中心, 云南 昆明 650041)

摘要: 从国内水泥生产企业的现状出发, 总结水泥工业行之有效的节能减排措施, 分析其节能量, 以期对水泥企业的节能降耗提供参考。

关键词: 水泥工业; 节能减排; 节能量; 分析

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0072-04

水泥是国民经济的基础原材料, 水泥工业与经济建设密切相关, 水泥因其数量大、用途广、使用方便、性能优良, 以及具有许多其它材料不可取代的性能而成为人类文明建设的三大基础材料之一, 并且至今仍无可以取代水泥的更合适的材料。在未来相当长的时期内, 水泥仍将是人类社会的主要建筑材料。

1 国内水泥工业现状

“十五”以来, 随着经济建设规模扩大, 我国水泥工业发展突飞猛进, 近 10a 来我国水泥产量逐年递增, 稳居世界各国水泥产量排名第一位, 详见表 1。截止到 2010 年, 我国水泥产量达到 18.68 亿 t, 其中: 新型干法生产线有 1273 条, 熟料年生产能力为 12.6 亿 t, 水泥产量 16 亿 t, 占全国水泥总产量的 85%^[1]。

表 1 近 10a 我国水泥产量

| 年份 | 全国产量/亿 t | 增长量/亿 t | 增长率/% |
|------|----------|---------|-------|
| 2000 | 5.97 | 0.24 | 4.2 |
| 2001 | 6.61 | 0.64 | 10.7 |
| 2002 | 7.25 | 0.64 | 9.7 |
| 2003 | 8.62 | 1.37 | 18.9 |
| 2004 | 9.70 | 1.08 | 12.5 |
| 2005 | 10.69 | 0.9 | 9.3 |
| 2006 | 12.37 | 1.68 | 15.7 |
| 2007 | 13.61 | 1.25 | 10.1 |
| 2008 | 13.88 | 0.27 | 2.1 |
| 2009 | 16.46 | 2.57 | 18.5 |
| 2010 | 18.68 | 2.22 | 13.5 |

我国的水泥在全国均有分布, 主要集中在华东、华南地区, 近 2a 西部地区呈快速发展趋势 (表 2)。

表 2 近 2a 我国水泥产量分布及增长速率^[1]

| 地区 | 2010 年 | | | 2009 年 | |
|----|-----------|--------|--------|-----------|--------|
| | 产量/万 t | 同比增长/% | 比重/% | 产量/万 t | 比重/% |
| 全国 | 186795.70 | 15.54 | 100.00 | 161672.53 | 100.00 |
| 华北 | 23121.06 | 20.02 | 12.38 | 19264.03 | 11.92 |
| 东北 | 12258.84 | 15.31 | 6.56 | 10631.47 | 6.58 |
| 华东 | 62230.21 | 6.81 | 33.31 | 58261.11 | 36.04 |
| 中南 | 49420.05 | 13.90 | 26.46 | 43388.33 | 26.84 |
| 西南 | 27344.97 | 35.31 | 14.64 | 20209.48 | 12.50 |
| 西北 | 12420.56 | 25.23 | 6.65 | 9918.11 | 6.13 |

2 国内水泥工业发展面临的问题

近年来, 通过水泥产业结构的调整, 传统的立窑生产线逐步被淘汰, 新型干法水泥生产工艺成为大家公认的节能环保技术。随着水泥工作者自主研发创新, 取得了一批节能环保的新技术成果, 使目前建设的新型干法水泥生产线主要技术经济指标已达到世界先进水平。但水泥工业作为资源消耗型产业, 要实现可持续发展面临着许多问题, 具体表现为以下几个方面:

(1) 资源能源消耗大

作为传统的工业部门, 水泥工业有着显著的“两高一资”生产工艺特性, 生产过程需要消耗大量的石灰石、煤炭、电能等资源能源, 通过资源能源的替代、技术创新实现水泥工业的可持续发展是目前的主要任务。

相关资料显示, 目前我国水泥工业每年要消耗 11 亿 t 石灰石, 照此发展下去, 用不了 200a, 我国已探明的石灰石资源将耗尽^[2]。水泥熟料煅烧过程需要消耗大量的热量, 目前使用的煅烧工艺基本为预分解窑炉, 燃煤由喷煤管分别送入分解炉和回转窑进行燃烧。水泥熟料形成反应的理论热耗约为 1700kJ/kg。由于窑炉筒体表面散热、燃烧烟气

收稿日期: 2011-12-13

作者简介: 刘维维 (1984-), 女, 陕西汉中, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 节能减排与环境保护。

带出热量及出窑熟料带出热量,实际的水泥熟料烧成热耗约为 3200kJ/kg,即吨熟料综合煤耗约为 110kg 标准煤^[3]。水泥生产从原料开采、生料制备、熟料煅烧到水泥粉磨等多个工艺环节,需要使用多种输送、破碎、粉磨、煅烧工艺设备及电机、风机等,需要消耗一定量的电力,通过统计计算,每生产 1t 水泥,需要消耗电力约 110kWh。

(2) 污染物排放量大

水泥工业发展带来的主要环境问题是大气环境的污染,主要污染因子为烟(粉)尘、SO₂、NO_x、HF 等。环境保护部污染物排放总量控制司 2009 年全国环境统计资料显示:我国 2009 年因水泥生产向大气排放的各类粉尘约 1330 万 t,粉尘污染排放高于国外 15 倍;SO₂ 排放量约 100 万 t,NO_x 排放量 1.3~1.6×10⁶m³,排放高于国际先进水平 6~10 倍,尤其是华中、西南、华东、华南等多个地区形成了酸雨区,而且污染呈加重趋势。

除以上污染物的排放外,水泥生产过程中电力、煤炭等的消耗会直接或间接产生 CO₂ 的排放。根据 IPCC 数据库的数据计算,燃煤的排放因子为 2.46kg CO₂/kgce,电力消耗 CO₂ 排放因子平均约为 0.86t CO₂/MWh。此外,石灰质原料中碳酸盐矿物分解也会产生大量的 CO₂ 排放。面对全球气候变暖和环境日益恶化的严重威胁,我国政府积极应对气候变化,2009 年 12 月在哥本哈根气候峰会上,庄严提出了“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40% 至 45%”的目标。水泥行业如何落实这一目标,承担起应负的社会责任,走出一条低碳环保之路,是每个水泥工业企业刻不容缓、任重而道远的战略任务^[4]。

表 3 各类窑型熟料热耗及其热效率比较表^[6]

| 窑型 | 窑外分解 | 预热器窑 | 余热发电 | 湿法窑 | 中空窑 | 立波尔窑 | 机立窑 | 普立窑 |
|----------------------------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------|
| 熟料热耗/kcal·kg ⁻¹ | 750~850 | 950~1150 | 1200~1450 | 1200~1500 | 1600~2500 | 980~1100 | 950~1300 | 1350 |
| 热效率/% | 50~55 | 37~44 | 29~35 | 28~35 | 17~26 | 38~42 | 32~40 | 30 |
| 熟料能耗/kgce·t ⁻¹ | 110~120 | 135~165 | 170~207 | 170~215 | 230~360 | 140~160 | 135~185 | 195 |
| 折算系数 | 1 | 1.3 | 1.64 | 1.67 | 2.57 | 1.3 | 1.39 | 1.7 |

(4) 水泥粉磨

水泥粉磨设备主要应用于水泥粉磨环节,是水泥生产中耗电最多的设备,约占水泥总电耗的 60%~70%,国内应用最多的水泥粉磨装备主要有三种:常规球(管)磨粉磨系统、立磨粉磨系统以及挤压联合粉磨系统。各系统的特点见表 4。

从云南省内多家企业水泥节能评估现状来看,

(3) 产能过剩仍然严重

2003 年以来,随着产业结构的调整,全国掀起了新型干法水泥投资的热潮,立窑一步步被取代,截止到 2010 年年底,全国新型水泥产量达到了总产量的 85%^[5]。水泥投资过热,势必会带来产能过剩。相关资料显示,目前全国大部分省市或地域皆存在不同程度的产能过剩,只有西部和少数边远地区,新型干法还有发展的空间。

3 水泥工业主要节能减排措施

目前,水泥生产技术发展日新月异,我国水泥装备在国际市场上从零起步,至今已占据 40% 以上的市场份额。

(1) 石灰石破碎

石灰石破碎系统大多采用新型单段锤式破碎机。石灰石破碎采用一段破碎,与传统的二段破碎相比,减少了物料的中转、倒运、吸尘、排风环节,不仅节约了投资,减少了粉尘排放,而且降低了系统电耗。

(2) 原料粉磨

原料粉磨系统采用立式辊磨,并采用窑尾废气作为烘干热源,与传统的闭路球磨系统相比,可节约大量的电耗。

(3) 熟料烧成系统

水泥熟料烧成系统经历了从立窑——干法回转窑——湿法回转窑——新型干法回转窑的发展历程,不同的窑型热耗差别较大。湿法窑约比窑外分解窑多耗能近 1 倍,中空窑能耗是新型干法窑的 2~3 倍,机立窑约比窑外分解窑多耗近 4 成,普立窑约比窑外分解窑多耗 7 成。各类窑型熟料热耗及其热效率比较见表 3。

现在的水泥企业生料磨基本选择立磨粉磨系统,熟料粉磨基本采用挤压联合粉磨系统,这两种粉磨系统除适合生产高标号水泥和特种水泥外,节能效果显著。

(5) 余热利用

新型干法水泥窑生产过程中由窑头熟料冷却机和窑尾预热器排掉的 350℃ 以下废气,其所含热量

占水泥熟料烧成总热量的30%以上(约 220×4.18 kJ/kg),用于原、燃料烘干($50 \sim 60$) $\times 4.18$ kJ/kg,尚有约 160×4.18 kJ/kg未利用,充分利用水泥生产中的纯低温废气余热发电,最大限度地供给

自身用电需要,可减少外供电量,节约成本。尤其是对高耗能产业,最大限度地回收利用余热,降低能耗,节约能源,符合贯彻经济可持续发展战略要求^[8]。

表4 水泥粉磨设备及系统的特点比较表^[7]

| 粉磨机理 | 粉磨物料 | 立磨粉磨系统 | 常规球(管)磨系统 | 挤压联合粉磨系统 |
|---|-------|--------|-----------|----------|
| 粉磨强度/MPa | | 挤压/研磨 | 冲撞/摩擦 | 压碎 |
| 允许最大喂料水分/% | 生料/矿渣 | 1.5 | - | 4.5 |
| 产品细度/cm ² ·g ⁻¹ 勃氏 | 水泥 | 28 | 3~8 | 15 |
| 生产多品种水泥时 | | >6000 | >6000 | >5500 |
| 研磨件平均寿命/a | 水泥 | 最灵活 | 不灵活 | 中等 |
| 占地 | | >2 | >3 | >2 |
| 平均年运转率/% | | 最少 | 较多 | 最多 |
| 3500cm ² /g时,系统总电耗/kWh·t ⁻¹ | | 85~90 | 80~95 | 80~85 |
| | | 21 | 35 | 20 |

根据天津水泥工业设计研究院资料,纯低温余热发电技术从20世纪80年代开始推广应用,吨熟料发电量从(22~26 kWh/t)到现在的(38~45 kWh/t),技术水平接近国外先进水平,装备实现了国产化。

(6) 风机、水泵采用变频调速

变频调速是水泥生产比较有效的节能技术之一,这项技术可以对水泥生产中的一些辅助系统进行节能调节,最具有代表性的就是对生产所需的大型风机、水泵等采用变频调速,控制电能的消耗。

4 节能效果分析

(1) 经测算,破碎系统采用新型单段锤式破碎机,与传统的二段破碎相比,能够降低电耗约15%。

(2) 原料粉磨系统采用立式辊磨,立式辊磨具有能耗低、烘干能力强、系统简单、控制方便等特点,磨制生料系统电耗能够降低10%~25%。

(3) 熟料烧成系统采用新型干法回转窑,新型干法水泥生产是公认的低能耗生产技术,比传统回转窑和立窑能耗平均约低30~35kg标煤/t水泥^[9]。

(4) 水泥粉磨。水泥粉磨系统设计挤压联合粉磨系统,与传统的闭路球磨系统相比,每吨水泥可降低电耗约10kWh。

(5) 水泥纯低温余热发电系统按吨熟料发电量38kWh计,2010年我国新型干法水泥熟料年生产能力为12.6亿t,则年可节约电能478.8亿kWh。

(6) 经测算,在生产1t水泥的耗电量中约有30%的电能消耗是工况调节用风机的耗电,采用变频调速的技术对生产用风机进行控制改良后,单位熟料的电耗约下降2.5kWh。

5 结束语

水泥行业是国民经济的重要支柱,中国的水泥产量占有全世界一半的产能,却存在着高耗能、高污染及资源浪费等行业问题。近年来政府在环保及节能降耗方面的政策力度让新型干法水泥企业面临着巨大的政策压力,中国水泥行业的无序发展及无序竞争也让新型干法水泥企业面临着巨大的市场竞争压力。总之,水泥行业要实现行业的健康发展,就要积极推进发展战略的转变,摆脱对传统路径的依赖。企业扩展要保持理性,始终坚持科学技术为第一生产力的方针,坚持以节约资源、能源和可持续发展为主导,通过技术的引进与创新全面提升水泥生产的各项技术经济指标,使中国水泥生产装备大型化、生产集约化,逐步走出一条结构合理、低碳环保的新型工业化道路。

参考文献:

[1] 中国水泥协会. 数字水泥网 [EB/OL]. <http://www.dcement.com/quanguo/>.

[2] 池秀文,袁光明. 石灰石矿露天采矿机开采初探 [J]. 矿山机械,2011,(6).

[3] 汪澜. 水泥低碳生产技术评述 [EB/OL]. <http://www.cementren.com>.

[4] 刘明. 促进中国水泥工业低碳经济发展 [J]. 中国水泥,2010,(4).

[5] 李筱,宋鲁源. 水泥产能过剩不容忽视 [J]. 中国建材,2009,(9).

- [6] 周大地. 2020 中国可持续能源情景 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [7] 高长明. 当代水泥工业粉磨装备选型趋势分析 [J]. 水泥技术, 2006, (2).
- [8] 于兴敏. 开发水泥工业新技术争创节能减排新水平 [J]. 回顾与展望, 2009, (5).
- [9] 黄冰. 水泥工业节能环保新技术 [J]. 江苏建材, 2010, (2).
- [10] 赵绪礼. 论水泥行业节能减排的技术措施 [J]. 价值工程, 2010, 6 (18).
- [11] 王刚. 生料辊压机终粉磨系统 2500t/d 生产线上的应用 [J]. 水泥, 2008, (6).
- [12] 王永红, 薛志钢, 柴发合, 等. 我国水泥工业大气污染物排放量估算 [J]. 环境科学研究, 2008, 2 (21).

An Analysis of Energy Saving Measures and Energy Savings of Cement Industry

LIU Wei - wei¹, FU Bing - lin², LUAN Jing - li¹, HE Yan - ming¹, OU Gen - neng¹

(1. Kunming Institute of Metallurgy, Kunming Yunnan 650031 China)

Abstract: Based on the current situation of the Chinese cement industries, this paper summarizes the effective measures of energy saving in this industrial sector and analyzes their saved amount, in hope of providing a reference for saving energy and reducing consumption of the cement industries.

Key words: cement industry; energy saving and emission reduction; savings; analysis

电动技术去除城市污泥重金属的试验研究

陈静, 张薇琳

(广西环境监测中心站, 广西南宁 530022)

摘要: 采用直流电解污泥反应器, 在 20V 稳定电压作用下进行试验, 通过采用蒸馏水和添加电解质的蒸馏水为电极液的两套反应器进行对比试验, 测定电动过程中污泥工作区 pH 值、电压降分布和重金属浓度变化情况, 研究电动去除城市污泥中重金属过程中不同污泥工作区的污泥性质的变化及重金属去除效果, 并确定了能有效去除污泥中高浓度重金属的有效电动工作区。

关键词: 电动技术; 城市污泥; 重金属

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0076-04

随着人口的增加和城市化的加快, 污水污泥作为城市污水处理的副产品, 其排放量也在不断增加, 剩余污泥中含有丰富的氮、磷、钾等多种元素和有机质, 具有改良土壤结构、增加土壤肥力、促进农作物生长等优点^[1-3], 是数量巨大的潜在农业肥源。然而, 在污水处理过程中, 污水中重金属通过细菌吸收、细菌和矿物颗粒、硫酸盐等共沉淀等多种途径, 使得进水中 50%~80% 以上的重金属浓缩在污泥中, 如不妥善处理容易在土地利用过程中对土壤、地下水和动植物造成二次污染, 具有潜在生态风险^[4,5]。针对这一问题, 国内外学者也从物理、化学和生物等方面对于去除污泥重金属展开了广泛的研究^[6-9], 其中电动处理技术是近年来出现的一种新型去除重金属离子的技术, 该技术研究主要集中在修复被重金属污染的土壤和地下水领域, 而将电动修复技术用于污泥处理的研究还属于探索阶段^[10,11]。本研究通过自行设计的隔膜式电动反应器, 在外加固定电压的作用下对脱水污泥实施电动修复处理。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

本研究中所用污水污泥为桂林某污水处理厂污泥处理车间的脱水污泥, 污泥样品经自然风干、烘干 ($105 \pm 5^\circ\text{C}$)、研磨、过筛 (100 目) 后, 采用硝酸-盐酸-氢氟酸微波消解法测定重金属含量 (见表 1)。桂林市污水污泥中 Pb、Cu 和 Ni 等重

金属含量较低, 但 Zn 和 Cd 含量较高, 接近甚至超过我国农用污泥酸性土壤的最高允许含量, 尤其是 Zn, 超过酸性土壤标准两倍多。

表 1 桂林污水污泥重金属含量 (mg/kg 干污泥)

| 样品编号 | Cu | Zn | Pb | Cd | Ni |
|------|-------|--------|------|-----|------|
| 01 | 210.8 | 998.3 | 86.9 | 5.5 | 67.8 |
| 02 | 206.4 | 1079.5 | 77.2 | 6.1 | 75.7 |
| 03 | 198.6 | 1077.5 | 93.1 | 5.1 | 57.3 |
| 04 | 192.3 | 991.4 | 68.3 | 5.4 | 68.1 |
| 05 | 186.5 | 1065.6 | 83.9 | 4.7 | 74.4 |
| 06 | 209.2 | 1088.2 | 95.7 | 5.2 | 83.6 |
| 平均 | 200.6 | 1050.1 | 84.2 | 5.3 | 71.2 |
| 限制标准 | 250 | 500 | 300 | 5 | 100 |

注: 限制标准为《农用污泥中污染物控制标准》酸性土壤 ($\text{pH} \leq 6.5$) 适用限值。

1.2 试验装置及方法

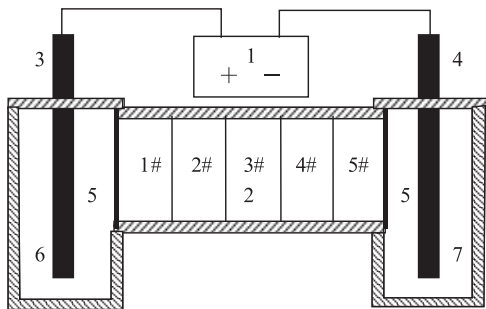
采用两套相同的试验装置进行对比试验, 试验装置为玻璃质电解槽 (图 1), 主要包括: 直流稳压电源、石墨电极、污泥室 (主体腔室)、阳极室、阴极室, 其中污泥室和阴阳极室之间装有微孔滤膜 (孔径为 $0.45 \mu\text{m}$) 和塑料支架。第一套装置的阴阳极液为蒸馏水, 编号为 Test1, 第二套装置的阴阳极液为蒸馏水加电解质 ($10\text{ml } 0.01\text{mol/L NaNO}_3$), 编号为 Test2。将脱水污泥装入电解槽的污泥室中, 均匀压实, 安装好微孔滤膜后向试验装置的阴阳极室加入蒸馏水 (或蒸馏水加电解质), 使污泥室的液面高度稳定在 6cm, 最后接通电路开始试验。整个试验过程采用恒定电压, 电压大小根据电极间距确定为 20V (即 2V/cm), 通电总时长设计为 144h。试验过程的前 24h 按每 6h 一次, 24h 后按每 8h 一次, 测定电解槽各区域 (阴阳极、隔膜和

收稿日期: 2011-12-21

基金项目: 广西环境工程与保护评价重点实验室基金资助项目 (0801Z01)。

作者简介: 陈静 (1979-), 女, 广西玉林人, 工程师, 主要从事环境污染监测分析。

污泥室5个区域)的电压降;污泥区pH值按每48h测定一次,通电144h后分别测定污泥室5个区域内污泥的重金属含量。



1 直流电源 2 污泥室(1#~5#) 3 石墨阳极 4 石墨阴极
5 微孔滤膜和塑料支架 6 阳极室 7 阴极室

图1 试验装置示意图

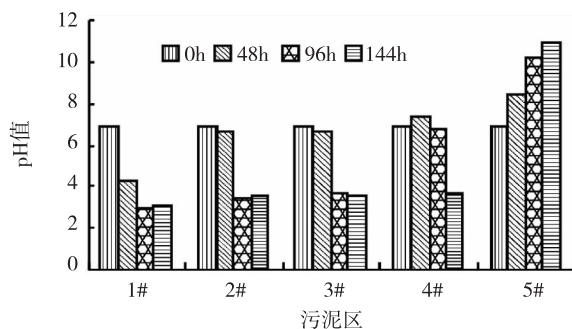


图2 Test 1不同时期不同污泥区域pH值变化

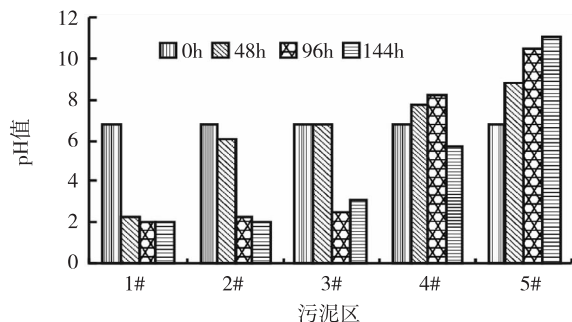


图3 Test 2不同时期不同污泥区域pH值变化

2 试验结果与分析

2.1 污泥pH值变化情况

图2和图3显示,Test1和Test2中1#~3#污泥区经过48h、96h和144h电动处理后的pH值均低于初始值6.82;4#污泥区在48~96h的pH值变化不大,到144h时才低于初始值;而5#污泥区48h、96h和144h的pH值明显高于初始值。这主要因为阳极产生大量的 H^+ ,导致阳极液的pH值降低,在电场作用下,形成一个向阴极移动的酸区,相应地阴极形成一个向阳极移动的碱区。结果显示在电压作用下,污泥区还会出现聚焦效应,由于 H^+ 迁移速

度是 OH^- 迁移速度的1.8倍,酸区的扩散速度大于碱区的扩散速度, H^+ 和 OH^- 在阴极附近的5#污泥区相遇中和,并且pH值出现突跃。对比Test1和Test2可知,Test2中1#~3#污泥区各时期的pH值普遍比Test1低30%~35%,其中1#污泥48h的pH值比Test1低44%。这主要是由于Test2电极室中添加了电解质,相较于Test1,进入污泥区的离子量较多,使得Test2中阳极室中的产生 H^+ 可以较快地进入处理系统中,并向阴极室扩散迁移。

2.2 污泥电压降分布情况

图4和图5是Test1和Test2电动处理过程中试验装置各部分电压降分布的变化情况。

由监测结果可知,在总电压固定的情况下,随着通电时间的延长,分布于阴阳极室的电压降均在不断减少,从92.0%减少到19.0%,而分布于污泥室上的电压降在不断增加,从2.0%增加到76.5%,这是因为试验刚开始时,阴阳极室离子浓度相对较小,电导率较低,随着电解时间的不断延长,水的电解使阴阳极室溶液中离子浓度增加,电导率较高,导致电压降下降,在总电压固定的情况下,使分布于污泥室上的电压相应增加。此外,在整个电动试验过程中,污泥室中各区域污泥的电压降分布比例也在发生着变化,尤其是出现最高电压降(电压降所占比例最大)的污泥区域呈现规律性的变化,总体趋势是出现最高电压降的污泥区域从阳极逐渐向阴极移动,即从1#向5#移动,最后稳定于4#或5#区域。其中Test1中污泥区电压变化情况表明,24h时,1#的电压降最高,占整个污泥室的39.71%;48~72h时,最高电压降区域移至2#,其电压降占整个污泥室的29.09%和40.29%;96h时,3#的电压降最高,占整个污泥室的29.64%;120h,最高的两个电压降区域出现在3#和4#,两者占整个污泥室的56.27%;144h试验结束,最高的两个电压降区域在4#和5#,两者占整个污泥室的56.00%。产生这种现象的原因可能是阴极产生的 OH^- 不断向阳极方向移动,大量 OH^- 进入污泥室,使5#污泥中重金属生成氢氧化物沉淀,导致电阻上升,电压降升高。Test2阴阳极室的电压降变化规律和各区域污泥电压降的分布规律与Test1基本相同,只是Test2的最高电压降污泥区域的移动速度比Test1要快,Test2反应器在通电72h时,最高的电压降已出现在3#,从96~120h,最高的两个电压降区域都集中在4#和5#,其电压降分别占整个污泥室的68.80%、70.50%。

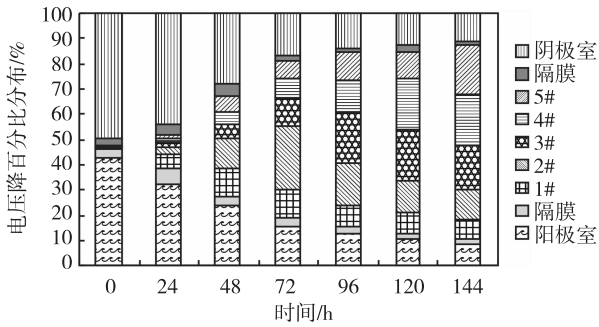


图4 Test 1电动处理过程中电压降分布的变化

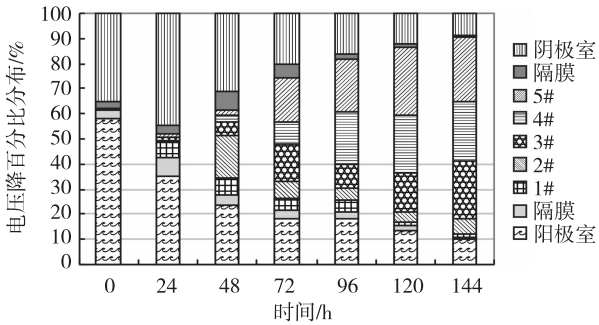


图5 Test 2电动处理过程中电压降分布的变化

两个反应器污泥区电压降变化情况实质是污泥区中 H^+ 扩散难易程度及酸化污泥区扩散速度的快

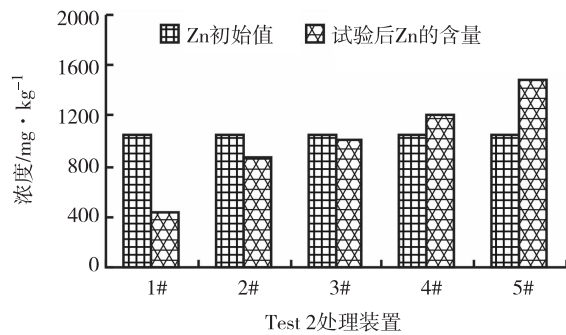
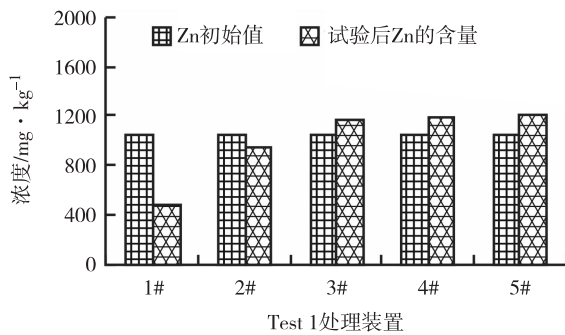


图6 Test1和Test2处理装置处理后污泥中Zn的含量

图7为对比试验结束后污泥中Cd含量。两个试验1#~4#污泥区的Cd含量均比初始值低，而5#污泥中Cd含量都比初始值高，出现了明显的聚焦现象，不利于污泥中Cd的去除，因此采用电动法去除污泥中Cd时，1#、2#和3#污泥区域均为电动

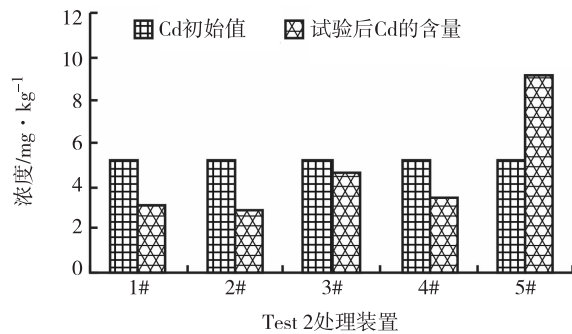
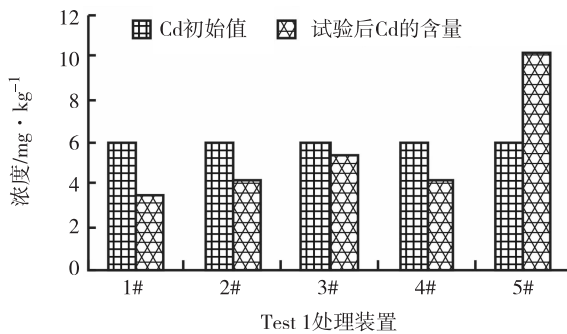


图7 Test1和Test2处理装置处理后污泥中Cd的含量

慢的反映，Test2 由于在阴阳极液中添加了电解质，导电性增强， H^+ 浓度和移动速度得到提高，能向污泥区迁移和补充 H^+ ，使得酸区污泥中的重金属溶解和脱附加快，这说明阴阳极液中添加电解质对重金属的去除起到积极地促进作用。

2.3 污泥重金属去除效果

图6显示，Test1的1#~2#污泥中的重金属Zn含量相对于试验前有所减少，特别是1#污泥区中Zn的去除率达到55.2%，而在3#~5#污泥中Zn含量均比初始值高，这是因为Zn在酸性条件下较容易从不可溶态转化为可溶态离子，所以在电场的作用下， Zn^{2+} 迁移到其它区域并与阴极产生的 OH^- 反应形成了沉淀沉积下来，造成该区域Zn含量较高。而Test2中，不仅1#~2#，而且在3#污泥中Zn含量也低于初始值，且Test2的1#~3#污泥中Zn的含量均比Test1低，去除率比Test1高4%~9%，而4#和5#污泥中Zn的含量则比Test1高，说明加有电解质的Test2处置装置在稳定电压作用下，能在电动污泥区产生范围更大的酸化区，处理污泥量更大，但从处理结果看，要使处理后污泥符合《农用污泥中污染物控制标准》酸性土壤 ($pH \leq 6.5$) 适用限值标准，两处理装置的有效工作区为1#污泥区。

去除Cd的有效工作区，如果考虑污泥后续的农业利用要求，使处理后污泥符合《农用污泥中污染物控制标准》酸性土壤 ($pH \leq 6.5$) 适用限值标准，装置运行时优先采用加电解质的Test2处理装置的1#和2#作为去除污泥Cd的高效工作区。

两个试验装置对 Zn 和 Cd 重金属去除的高效工作区域较窄,且有效工作区后污泥中重金属的去除率显著下降,去除率均在 12% 以下。这除了受工作电压影响外,最主要的还是污泥中发生的聚焦效应,且聚焦影响区域较大,导致重金属污染物在污泥内形成金属氢氧化物沉淀,它们在电场作用下不能迁移,而且还起到屏障作用,阻碍 H^+ 扩散迁移,致使有效工作区范围较小,不能达到大批量去除污泥污染物的目的。

3 结论

(1) 经过电动试验,Test1 和 Test2 处理装置均能对污泥实施有效酸化处理,其中 Test2 的 1#~3#污泥区的 pH 值降低至 2.1~3.1,而 Test1 的 1#~3#污泥区的 pH 值降低至 3.1~3.5,且 Test2 对污泥的酸化能力更强,更利于污泥中难溶重金属去除和游离态重金属的迁移去除。

(2) 电动处理过程中分布于阴阳极室的电压降在不断减少,而分布于污泥室上的电压降在不断增加,污泥室中出现最高电压降的污泥区域从阳极逐渐向阴极移动,且 Test2 处理装置中最高电压降污泥区的移动速度比 Test1 要快。

(3) Test2 处理装置中各污泥区的重金属 Zn、Cd 去除率均比 Test1 高,在阴阳极液中添加电解质对重金属的去除起到积极作用,由于聚焦现象的存在,导致电动处理装置的有效工作区间较窄,要使污泥中 Zn 和 Cd 的浓度达到《农用污泥中污染物

控制标准》酸性土壤 ($pH \leq 6.5$) 适用限值标准,只能选用 1#污泥区作为电功处理的有效工作区。

参考文献:

- [1] Paulsrud B., Nedland K. T. Strategy for land application of sewage sludge in Norway [J]. Water Science and Technology, 1997, 36 (11).
- [2] 林小英. 电动技术去除城市污泥中 Pb 的实验研究 [J]. 环境工程学报, 2009, 3 (4).
- [3] 周邦智, 吕昕, 赵小辉, 等. 剩余污泥中重金属的电动力学修复研究 [J]. 环境工程学报, 2011, 15 (6).
- [4] Walter I., Martínez F., Cala V. Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses [J]. Environmental Pollution, 2006, 139 (3).
- [5] 路庆斌, 周立祥. 污泥生物脱毒后土地利用对农作物及土壤环境的影响研究: 田间试验 [J]. 环境科学学报, 2007, 27 (10).
- [6] 胡宏韬, 程金平. 土壤铜镉污染的电动力学修复实验 [J]. 生态环境学报, 2009, 18 (2).
- [7] 席永慧, 梁檣嫁, 周光华. 重金属污染土壤的电动力学修复试验研究 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2010, 38 (11).
- [8] 陈锋, 王业耀, 孟凡生. 重金属污染土壤和地下水电动修复技术研究 [J]. 中国资源综合利用, 2008, 26 (2).
- [9] 熊英莹. 电力 (E-K) 法土壤重金属污染修复的研究发展 [J]. 河北化工, 2011, 34 (2).
- [10] 杨长明, 李建华, 仓龙. 城市污泥重金属电动修复技术与应用研究进展 [J]. 净水技术, 2008, 27 (4).
- [11] 林小英. 电动技术去除城市污泥中 Pb 的实验研究 [J]. 环境工程学报, 2009, 3 (4).

An Experiment on Removing Heavy Metals from Sewage Sludge by Electrokinetic Technology

CHEN Jing, ZHANG Wei - lin

(Guangxi Marine Environmental Monitor Center, Guangxi Nanning 530022 China)

Abstract: The direct electrolytic sludge reactor is used to remove heavy metals from the sewage sludge at 20v stable voltage. A comparative test is operated in two reactors with pipette solution of distilled water and the mixture of distilled water and electrolytes. The pH, voltage drop and heavy metal concentration of different sludge treatment region in reactors are monitored. The change of sludge property and the removal rate of the heavy metal are studied for different sludge treatment region during the electronic removal process. The effective region for removing the heavy metals with high concentration has been found.

Key words: electrokinetic technology; municipal sewage sludge; heavy metal

过硫酸钾氧化法测总氮的改进方法探讨

宋月英

(曲靖市环境监测站, 云南 曲靖 655000)

摘要: 对过硫酸钾氧化法测总氮应该注意的问题进行了实验研究, 得出结论: 为了控制精度最好使用无氨水和蒸馏水, 过硫酸钾使用前应该进行2次重结晶, 氢氧化钠溶液的浓度应该控制在12g/L左右, 测定样品置于灭菌器中必须保证压力达到0.1~0.4MPa, 消解温度控制在126℃~127℃为宜, 消解时间应该<50min。

关键词: 过硫酸钾; 总氮; 测定; 方法; 改进

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0080-03

1 材料和方法

1.1 仪器

UV300 紫外分光光度计; BS210S 电子分析天平; 医用手提式蒸汽灭菌器; 50ml 具塞玻璃磨口比色管。

1.2 试剂

硝酸钾标准使用液 (20.00mg/L); 40% (W/V) 硼酸溶液; 3.5% (W/V) 氯化钠溶液; (1+9) V/V 盐酸溶液; 碱性过硫酸钾溶液: 称取40g过硫酸钾, 另称取15g氢氧化钠, 分别溶于无氨水中, 冷却后混合稀释至1000ml。以上试剂均为分析纯, 实验用水为无氨水。

1.3 样品处理

水样采集后, 加入适量硫酸使其 pH < 2, 24h 之内进行分析测定; 若暂时不能测定, 则需把水样进行冷冻, 在未来7d内进行测定。首先把25ml水样置入50ml比色管中, 然后加入25ml碱性过硫酸钾溶液, 把塞子盖上后, 塞口可用纱布和绳子包裹住塞子, 防止高压灭菌过程中, 塞子漏气, 造成比色管中溶液流失^[1]。然后将比色管置于灭菌器中, 使压力达到0.1MPa, 温度达到120℃后开始计时, 计时<50min。消解结束后, 应注意灭菌器压力降到零时, 才可打开放气阀, 待比色管冷却后, 进行分析测定。

2 测定分析

2.1 标准曲线的绘制

分别吸取硝酸钾标准液 0.00、0.50、1.00、1.50、2.00、2.50ml 于 50ml 比色管中, 用纯净水稀释至 25ml, 其标准液浓度分别为 0、0.4、0.8、

1.2、1.6、2mg/L, 然后分别加入 25ml 碱性过硫酸钾氧化剂, 为了保证标准液与待分析样品的一致性, 同样置入灭菌器中进行消解。消解结束后, 取出标液, 置入 1cm 比色皿中, 210nm 波长处测定吸光度值。标准曲线如图 1, TN 浓度与吸光度值的线性关系为“错误! 未找到引用源”, $R_2 = 0.9992$, 相关性很好。可以作为标准曲线。

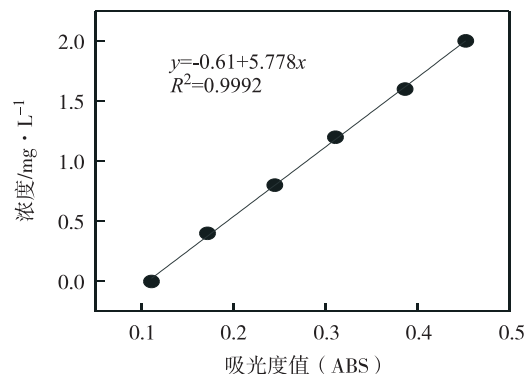


图1 标准曲线

2.2 标准样品测定

对于编号为 203125 的环境标准样品进行分析, 结果见表 1。

表 1 标准样品分析表

| 样品编号 | 测定结果 / mg·L ⁻¹ | 标准值 / mg·L ⁻¹ | 误差 / % | 相对标准偏差 / % |
|--------|---------------------------|--------------------------|--------------|------------|
| 203125 | 1.962 | 1.965 | 1.94 ± 0.013 | 0.28 |

表 1 中结果表明: 分析结果可以满足要求。

3 改进方法探讨

3.1 实验用水的选择

实验用水不仅关系到空白值的大小, 而且会导

致整个测定结果均不符合要求, 浓度较高或者纯度达不到要求的实验用水测出来的实验数据往往偏小, 是不能用的。蒋晶晶等通过研究发现去离子水和无氨水的测定结果几乎相等, 说明这两种水均可以满足要求。孔凡彬等对无氨水、蒸馏水和去离子水三种实验用水的实验结果表明, 新制的无氨水和蒸馏水测定的结果差别不大, 而去离子水由于制水仪器的差别, 其空白值较其他两种水较高, 因此建议采用无氨水或蒸馏水作为实验用水, 若制水仪器制造出来的超纯水符合要求, 也可以使用, 方便快捷。

3.2 过硫酸钾 2 次重结晶

过硫酸钾作为氧化剂参与反应, 其质量对实验的结果影响比较大。过硫酸钾在 210 ~ 220nm 处吸光度达到峰值, 一般要求空白的吸光度值 ≥ 0.030 , 但是目前市售的过硫酸钾鱼龙混杂, 由于制作工艺的不同, 其纯度也有差异。因此实验之前对过硫酸钾进行重结晶很有必要, 这样可以去除杂质, 降低空白值。其方法为: 用天平称取 80g 过硫酸钾溶解于 1000ml 纯净水中, 然后在 60℃ 水浴至完全溶解, 冷却后放入冰箱中 4℃ 进行重结晶, 一共进行 2 次重结晶^[2]。如表 2 中结果显示, 过硫酸钾重结晶可以显著降低空白值。

表 2 不同过硫酸钾测定 TN 的空白值

| | 空白吸光度 (A) | | | | | 平均值 |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 未提纯 | 1.220 | 1.243 | 1.237 | 1.247 | 1.253 | 1.234 |
| 1 次重结晶 | 0.367 | 0.381 | 0.375 | 0.368 | 0.384 | 0.361 |
| 2 次重结晶 | 0.027 | 0.025 | 0.024 | 0.027 | 0.026 | 0.026 |

3.3 氢氧化钠浓度的确定

过硫酸钾在碱性条件下可以加快分解, 其氧化性能也得到提高。氢氧化钠的纯度和浓度对于实验空白的影响也是不容忽视的。

选取不同浓度的氢氧化钠进行实验: 分别在 5 个 50ml 比色管中加入 25ml 纯净水, 然后分别加入 25ml 不同浓度氢氧化钠和过硫酸钾氧化剂溶液。表 3 中结果表明, 较低浓度的氢氧化钠 (如 8g/L), 不能使过硫酸钾完全分解, 会影响测定的灵敏度; 较高的氢氧化钠浓度, 虽然可以促进过硫酸钾的分解, 增加测定灵敏度, 但空白值显著增高。因此实验应选用中间值, 即浓度为 12g/L 的氢氧化钠溶液, 使其空白值满足要求。

表 3 不同浓度的氢氧化钠氧化剂测定空白吸光度值

| NaOH 浓度/g · L ⁻¹ | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 吸光度 (A) | 0.016 | 0.025 | 0.028 | 0.051 | 0.079 |

3.4 消解过程控制

3.4.1 消解压力和温度对空白值的影响

如果过硫酸钾分解不完全, 即使有 1% 的剩余, 由于其在 210nm 处有很强的吸收峰值, 都会严重干扰实验结果, 而消解温度和压力对于过硫酸钾的分解有很大的相关关系。在消解过程中, 测定样品置于灭菌器中必须保证压力达到 0.1 ~ 0.4MPa, 如果压力不足不能保证过硫酸钾的完全分解, 空白的吸光度值也会增高。灭菌器消解时的温度应该控制在 120℃ ~ 124℃, 如果温度过低, 会导致过硫酸钾分解不完全; 温度过高, 由于加快了过硫酸钾的分解, 空白的吸光度值会增高^[3]。有些时候按照标准方法消解的时候, 往往会发现空白值依然很高, 这是由于过硫酸钾在 210nm 处有很强的吸收, 经过实验我们发现, 如果温度稍微提高一点, 这种强吸收在消解的过程中会逐渐降低, 因此建议消解温度控制在 126℃ ~ 127℃ 为宜。

3.4.2 消解时间对空白值的影响

消解时间过短会造成过硫酸钾分解不完全, 残留的过硫酸钾对空白值有影响; 另外对于一些有机难降解的有机氮, 若消解时间不足, 不能充分氧化成硝态氮, 会造成总氮的浓度降低。本文对于消解时间对空白值的吸光度值影响做了实验, 结果表明 (图 2), 随着消解时间的延长, 空白值的吸光度值是逐渐降低的, 当消解时间 > 50min 时, 空白的吸光度值趋于稳定 (A < 0.03), 因此测定总氮时的消解时间要 ≤ 50 min。

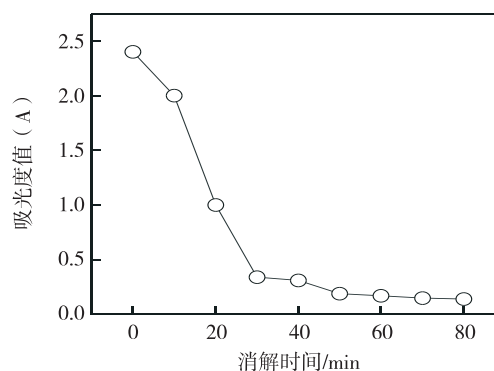


图 2 空白吸光度值随消解时间的变化

4 结论

用过硫酸钾氧化法测定总氮时, 为了控制精度最好使用无氨水和蒸馏水, 过硫酸钾使用前应该进行 2 次重结晶, 氢氧化钠溶液的浓度应该控制在 12g/L 左右, 测定样品置于灭菌器中必须保证压力达到 0.1 ~ 0.4MPa, 消解温度控制在 126℃ ~

127℃为宜,消解时间应该 \leq 50min。

参考文献:

[1] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.

[2] 黄云望,徐立江,戚华珍. 测定水中总氮时影响空白吸收值的若干因素分析 [J]. 能源环境保护, 2009, 23 (6).

[3] 钱字红,邱燕. 过硫酸钾氧化——紫外分光光度法测定水中总氮方法的研究 [J]. 环境研究与监测, 2007, 20 (2).

Improvement in Total Nitrogen Determination by Using Potassium Persulfate Oxidation Method

SONG YUE - ying

(Qujing Environmental Monitoring Station, Qujing Yunnan 655000 China)

Abstract: The experiment shows that during the determination of total nitrogen by potassium persulfate oxidation method, for accuracy control the water without ammonia and the distilled water would be better used, the recrystallization should be done twice before using potassium sulfate, the concentration of sodium hydroxide solution should be controlled at about 12 g/L, the pressure of the sample sterilizer be kept at 0.1 - 0.4 Mpa, the temperature of digestion be kept between 126℃ - 127℃, and the time of digestion should be not less than 50 minutes.

Key words: potassium persulfate; total nitrogen; determination; method; improvement



《环境科学导刊》杂志

《环境科学导刊》, 投稿及联系邮箱: ynhjkx@yies.org.cn; 电话 (传真): 0871 - 4142389; 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 - 4142389

银行转帐

开户名: 云南省环境科学研究院

开户银行: 建行昆明市西园南路支行

帐号: 53001615637050309169

E-mail: ynhjkx@yies.org.cn

浅谈水质中总氮测定的影响因素

毛立宾

(当涂县环境保护监测站, 安徽 当涂 243100)

摘要: 从地表水总氮测定中需要注意的要素入手, 就实验室用水、试剂影响、器皿影响、操作过程、消解温度、消解时间以及消解冷却时间和实验环境条件的控制等方面的要求进行了简要论述, 以化繁为简的思路指导今后的总氮测定工作。

关键词: 总氮; 水质监测; 影响因素

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0083-02

水体中总氮是无机氮和有机氮之和, 是衡量水质的主要指标之一。一般情况下, 天然水体中总氮含量不高, 但随着经济的迅猛发展, 大量的生活废水、农田排水和含氮工业废水排入天然水体中, 使水中的总氮含量增加, 水体富营养化日益加重。

目前水质总氮的测定多采用碱性过硫酸钾氧化-紫外分光光度法 (GB11894-1989)。此方法优点是步骤相对简单, 所需试剂较少, 所用仪器设备一般实验室都具备。但其实验条件较为严格, 稍有疏漏就会出现空白值偏高和波动, 加大系统误差, 从而影响测定结果。针对此种情况, 笔者浅略从实验用水、试剂、器皿、操作 (消解) 过程及环境

条件等方面对影响总氮测定的因素进行分析。

1 实验用水对空白值的影响

总氮测定过程中对水的要求较为严格, 普通蒸馏水达不到实验要求。GB11894-1989 要求测定全过程使用无氨水。有学者对该方法的实验用水 (无氨水, 新鲜一次蒸馏水, 新鲜去离子水, 存放超过 3d 的去离子水) 进行了对比实验 (表 1), 实验结果表明: 新鲜一次蒸馏水, 新鲜去离子水的空白校正吸光度值 ($A_{校正} = A_{220} - 2A_{275}$) 可控制在 0.030 之内, 检出限小于国标方法给定的 0.05mg/L, 即可用于总氮测定; 存放超过 3d 的去离子水空白校正吸光度 > 0.030 , 不可采用。

表 1 不同实验用水的空白吸光度值及检出限

| | 吸光度值 ($A = A_{220} - 2A_{275}$) | | | | | | 均值 | 检出限/mg · L ⁻¹ |
|-----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 重复 1 | 重复 2 | 重复 3 | 重复 4 | 重复 5 | 重复 6 | | |
| 无氨水 | 0.021 | 0.020 | 0.019 | 0.021 | 0.019 | 0.020 | 0.020 | 0.02 |
| 新鲜一次蒸馏水 | 0.025 | 0.024 | 0.026 | 0.023 | 0.022 | 0.025 | 0.024 | 0.03 |
| 新鲜去离子水 | 0.022 | 0.024 | 0.022 | 0.021 | 0.023 | 0.022 | 0.022 | 0.02 |
| 去离子水 (3d) | 0.027 | 0.033 | 0.029 | 0.033 | 0.030 | 0.034 | 0.031 | 0.06 |

2 实验器皿对空白值的影响

实验器皿对空白值的影响较大。必须重视实验器皿的选用、洗涤和存放, 以防遭到污染; 吸光度测量所用石英比色皿要求透光率在同一误差范围内, 透光面清洁、无斑点; 所用压力蒸汽消毒器和纱布可用实验用水预先多蒸洗几次, 以降低空白值; 要选用磨合好的比色管, 加热时用纱布扎紧塞子, 以防迸溅出。

3 试剂的选用、配制和保存

氢氧化钠、盐酸、过硫酸钾、硝酸钾等分析纯

(AR) 试剂一般达不到实验要求, 应选用优级纯 (GR) 试剂。

为保证过硫酸钾的氧化能力, 在配制碱性过硫酸钾溶液的过程中不能盲目加热, 即使加热也要选择水浴法, 且水温不能高于 60℃。配制该溶液时可分开称取过硫酸钾和氢氧化钠, 两者分开配制, 待氢氧化钠溶液冷至室温, 再混合定容, 以防止氢氧化钠溶液溶解时放热使溶液温度过高引发过硫酸钾失效。

实验时要注意 A275 与 A220 的比值, 出现 $A_{275}/A_{220} > 20\%$ 的情况, 一定是实验用水或试剂的纯度有问题, 应当立即检查, 重新选用实验用

水、配置试剂。

4 实验环境条件

实验环境对样品的污染主要来源于空气中的污染气体和沉降颗粒，凡是能带入氮的水和试剂都不能在总氮实验室内使用，不能与用氨水、硝酸及其它氮盐类试剂的分析项目在同一实验室内，因为这些成分容易挥发进入空气，可能溶解在试样中，使测定结果偏高。所使用的试剂、器皿也要单独存放，避免交叉污染，影响测定结果。

5 消解过程

5.1 消解温度

消解时必须严格控制温度在 120 ~ 124℃，压力在 1.1 ~ 1.3kg/cm²，温度过低，消解不充分，实验结果偏低；温度过高，消解过度，过硫酸钾分解速度加快，水样的吸光度偏高（表2）。

表2 不同加热温度下标准样品的测定值

| 样品编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| 加热时间/h | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 加热温度/℃ | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 |
| 取样量/ml | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 测定均值/mg · L ⁻¹ | 1.26 | 1.29 | 1.32 | 1.37 | 1.39 |

注：总氮标准样品编号：203224；保证值：1.33 ± 0.09mg/L。

5.2 消解时间

总氮测定的国标方法规定的加热溶解时间是30min，但是很多学者研究发现，30min 不能满足过硫酸钾完全消解的要求，因此应适当延长消解时间到 40min、45min 或 50min。实验（消解温度 122℃、冷却时间 2h、测定 10 次）结果表明，50min 的消解时间最合适（表3）。

表3 不同消解时间标准曲线相关系数及标准样品的测定值

| 消解时间 | 标准曲线 相关系数 | 标样测定值/ mg · L ⁻¹ | 标准偏差/ mg · L ⁻¹ | 加标回 收率/% |
|-------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|
| 30min | 0.9990 | 1.40 ± 0.019 | 0.0235 | 108.3 |
| 45min | 0.9993 | 1.38 ± 0.015 | 0.0187 | 103.5 |
| 50min | 0.9998 | 1.32 ± 0.008 | 0.0116 | 100.9 |
| 60min | 0.9982 | 1.27 ± 0.010 | 0.0127 | 97.1 |

注：总氮标准样品编号：203224，保证值：1.33 ± 0.09mg/L。

5.3 冷却时间

国标方法未对冷却时间进行规定，一般采取自然冷却至室温，然后测定。很多学者主张自然冷却 2 ~ 3h。一般冬季需冷却 2h，夏季需冷却 3h。实验（消解温度 122℃、消解时间 50min、测定 10 次）结果表明：冷却时间过长使测定结果偏低，过短则使结果偏高。由表4 可以得出：冷却时间 2 ~ 3h，测定结果准确性与精密性最好。

表4 不同消解时间标准曲线相关系数及标准样品的测定值

| 冷却时间 | 标准曲线 相关系数 | 标样测定值/ mg · L ⁻¹ | 标准偏差/ mg · L ⁻¹ | 相对误 差/% |
|------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1h | 0.9974 | 1.45 ± 0.023 | 0.0309 | 10.35 |
| 2h | 0.9998 | 1.35 ± 0.009 | 0.0110 | 1.70 |
| 3h | 0.9996 | 1.33 ± 0.010 | 0.0126 | 0.91 |
| 4h | 0.9965 | 1.19 ± 0.020 | 0.0245 | 11.51 |

注：总氮标准样品编号：203224；保证值：1.33 ± 0.09mg/L。

6 结论与建议

6.1 结论

(1) 空白实验对水质总氮测定结果的准确性、精密性和方法检测限起着决定性作用。

(2) 影响水质总氮测定的因素很多，其中主要有：实验用水不纯，试剂不纯，消解的温度、时间控制，环境条件，仪器器皿污染，分析人员的操作等。

(3) 水质总氮的测定要获得可靠结果，就一定要降低、控制空白分析值。

6.2 建议

(1) 碱性过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法 (GB11894 - 1989) 测定水质总氮在消解温度 122℃、消解时间 50min、冷却时间 2 ~ 3h 的实验条件下，测定结果最佳。

(2) 水质总氮测定全过程可用新鲜一次蒸馏水和新鲜去离子水代替无氨水，它不但减少了实验程序，同时也可避免无氨水蒸馏过程中的污染，而且省时省力、节能降耗。

(3) 在实验操作过程中，分析人员要时刻注意实验操作的所有环节，要严格按照规范进行。特别要注意实验用水、试剂、仪器器皿的选用、洗涤和存放，采取防交叉污染措施，注意试剂保存时间（试剂最好现用现配）。

参考文献：

- [1] 本书编委会. 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，2010.
- [2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法指南 [M]. 北京：中国环境科学出版社.
- [3] 王栋春，蒋风华. 过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法测水中总氮空白用水的选择 [J]. 黑龙江环境通报，2003，27（1）.
- [4] 孙健，雷艳秋，甄宏. 过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法测定水中总氮的最佳条件 [J]. 北方环境，2002，（2）.
- [5] 辛梅. 用过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法测定地表水中总氮的几个问题 [J]. 重庆环境科学，1998，6（20）.
- [6] 俞玉忠，倪明敏，刘中敏. 消化时间对总氮测定结果的影响 [J]. 海峡药学，2004，16（3）.
- [7] 吴志旭，陈林茜. 水中总氮测定有关问题的探讨 [J]. 化学分析计量，2006，15（1）.

（下转第 87 页）

4-氨基安替比林直接光度法测定 污水中高浓度挥发酚

蔡裕丰, 吴春妍

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

摘要:以 50.00mg/L 的苯酚标准溶液配制校准曲线系列, 按 4-氨基安替比林直接光度法加入试剂进行显色反应, 于 510nm 波长, 用 5mm 比色皿测定溶液的吸光度, 可将测定上限扩大到 12.5mg/L。高浓度的含酚污水往往直接或稀释较少倍数就能测定。本法的检出限为 0.06mg/L, 显色体系可稳定 60min, 相对标准偏差 RSD < 4%, 加标回收率为 96.8% ~ 102.5%, 与标准法的测定结果无显著性差异。

关键词:4-氨基安替比林直接光度法; 高浓度挥发酚; 污水; 测定

中图分类号:X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655 (2012) 03-0085-03

挥发酚通常是指沸点在 230℃ 以上的酚类, 它主要来自炼油、煤气洗涤、炼焦、造纸、合成氨、木材防腐和化工废水^[1]。4-氨基安替比林直接光度法是测定污水中挥发酚的经典方法和标准方法^[2], 该法的测定上限为 2.50mg/L。对于高浓度的含酚污水样品往往要稀释数倍甚至数十倍才能测定。因为逐级稀释, 费时费力, 如采用大比例稀释样品会带来一定的稀释误差而影响准确度。笔者以 50.0mg/L 苯酚标准溶液配制校准曲线系列, 按 4-氨基安替比林直接光度法加入试剂进行显色反应, 于 510nm 波长, 用 5mm 比色皿测定溶液的吸光度, 可将测定上限扩大到 12.5mg/L。许多高浓度的含酚污水往往直接或稀释较少倍数就能测定。省时省力, 给实际工作带来很大方便。

1 实验

1.1 主要仪器和试剂

T6 新世纪紫外可见分光光度计 (北京普析通用仪器有限责任公司);

硫酸铜溶液、磷酸溶液、甲基橙指示液、缓冲溶液 (pH = 10.7)、4-氨基安替比林溶液、铁氰化钾溶液的配制见《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》HJ503-2009;

500mg/L 苯酚标准溶液 (国家环境保护部标准样品研究所)。

1.2 样品的预处理

水样的预处理同标准分析方法。

1.3 试验方法

于 50ml 比色管中, 分别加入浓度为 50.00mg/L 的苯酚标准溶液 0.00、0.50、1.00、3.00、5.00、7.00、10.00、12.50ml 和适量经预处理后的水样 (含酚量少于 650μg), 再加水至 50.0ml, 按 4-氨基安替比林直接光度法加入各试剂进行显色反应, 10min 后, 于 510nm 波长处, 用光程为 5mm 的比色皿以水为参比测定溶液的吸光度。对校准曲线进行回归, 并计算出水样的浓度。

2 结果与讨论

2.1 校准曲线的线性范围和检出限

校准曲线见表 1。

表 1 校准曲线

| 苯酚标准溶液加入量/μg | 水样中苯酚浓度/mg · L ⁻¹ | 吸光度 A |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.0 | 0.000 |
| 25 | 0.50 | 0.030 |
| 50 | 1.00 | 0.065 |
| 150 | 3.00 | 0.195 |
| 250 | 5.00 | 0.330 |
| 350 | 7.00 | 0.470 |
| 500 | 10.0 | 0.655 |
| 625 | 12.5 | 0.820 |
| 校准曲线 $y = a + bx$ | | $y = -0.0003 + 0.00132x$ |
| 相关系数 γ | | 0.9999 |

采用本方法测定空白溶液 20 个, 求得空白值的标准偏差 $S = 0.00126$, 因此检出限 $L = 3S/b = 3 \times 0.00126 / (0.00132 \times 50) = 0.06\text{mg/L}$ 。

2.2 4-氨基安替比林的提纯和保存期

4-氨基安替比林易吸湿氧化, 使试剂空白值

收稿日期: 2011-12-09

作者简介: 蔡裕丰 (1965-), 男, 江苏启东市人, 高级工程师, 学士, 主要从事环境监测工作。

增高,影响测定结果的准确度。实验表明,4-氨基安替比林未提纯的空白溶液吸光度较高,一般为0.005~0.010;经提纯后的空白溶液的吸光度较低,一般为0.000~0.002,满足分析要求。4-氨基安替比林提纯的方法较多^[3]。笔者通过比较发现,氯仿提纯4-氨基安替比林溶液比较方便,且该法的测定结果其精密度和准确度均符合要求。具体方法为:称取分析纯4-氨基安替比林2.5g溶

于100ml水中,加入5ml CHCl₃剧烈摇动2min,静置弃去有机相后重复萃取一次。该溶液置于棕色试剂瓶于冰箱内保存,可使用一个月。

2.3 显色反应物的稳定性

于室温20℃条件下,反应生成的橙红色的安替比林染料在显色反应50~60min间溶液吸光度变化较少,见表2。为与标准法一致,本实验显色10min后比色测定。

表2 显色反应的稳定性试验

| 反应时间/min | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5ml 酚标准使用液的吸光度 (A) | 0.340 | 0.340 | 0.335 | 0.335 | 0.330 | 0.330 | 0.330 | 0.325 | 0.320 |
| 10ml 酚标准使用液的吸光度 (A) | 0.660 | 0.660 | 0.655 | 0.655 | 0.650 | 0.650 | 0.650 | 0.645 | 0.640 |

2.4 精密度和准确度试验

用本法测定启东市几个化工企业的高浓度含酚污水,结果见表3。同时用本法对启东市的几个化工污水样(适当稀释)进行了加标回收试验,结果见表4。

由表3可知,本法的精密度较好,相对标准偏差RSD<4.04%,由表4可知,本法的加标回收率为96.8%~102.5%,精密度和准确度均满足监测分析的要求。

表3 精密度试验结果

| 样品编号 | 测定结果/mg·L ⁻¹ | | | | 平均值/mg·L ⁻¹ | RSD/% |
|--------|-------------------------|------|------|------|------------------------|-------|
| | 8.82 | 8.24 | 8.06 | 8.58 | | |
| SFX050 | 8.82 | 8.24 | 8.06 | 8.58 | 8.42 | 4.04 |
| SFX055 | 27.6 | 26.4 | 28.8 | 27.2 | 27.5 | 3.64 |
| SFR134 | 146 | 148 | 150 | 148 | 148 | 1.10 |
| SFR136 | 51.3 | 52.5 | 50.6 | 51.8 | 51.6 | 1.56 |

表4 加标回收率试验结果

| 样品编号 | 原有量/μg | 加标量/μg | 回收量/μg | 回收率/% |
|--------|--------|--------|--------|-------|
| SFX038 | 380 | 150 | 518 | 96.8 |
| SFR142 | 278 | 100 | 385 | 102.5 |
| SFR150 | 336 | 150 | 478 | 97.6 |

2.5 与标准法的比对试验

采用本法与标准法(4-氨基安替比林直接光度法)同时测定启东市化工企业的高浓度含酚污水,结果见表5。由表5可知,本法测定结果与标准法的测定结果相对误差<2.61%。对本法和标准法的比对结果进行t检验^[4],t=1.000,给定α=0.05,查表得t_{0.05}(2)=4.303,因1.000<4.303,故本法与标准法测定结果之间无显著性

差异。

表5 比对试验结果

| 样品编号 | 标准法 | | 本法 | | 与标准法的相对误差/% |
|--------|-------------------------|-------|-------------------------|------|-------------|
| | 测定结果/mg·L ⁻¹ | 稀释倍数 | 测定结果/mg·L ⁻¹ | 稀释倍数 | |
| SFX055 | 26.8 | 20 | 27.5 | 5 | 2.61 |
| SFR134 | 52.4 | 5×10 | 51.6 | 10 | -1.53 |
| SFR136 | 146 | 10×10 | 148 | 20 | 1.37 |

3 结论

以50mg/L苯酚标准溶液配制校准曲线系列,按4-氨基安替比林直接法加入试剂进行显色反应,用5mm比色皿测定溶液的吸光度,可将测定上限扩大到12.5mg/L。高浓度的含酚污水可直接或稀释较少倍数就能测定。避免了样品的逐级稀释增加的工作量和大比例稀释样品带来的测量误差,给实际工作带来很大方便。本法最低检出限为0.06mg/L,显色体系可稳定60min,相对标准偏差RSD<4%,加标回收率为96.8%~102.5%,精密度和准确度均满足监测分析要求。经比对试验,本法与标准法的测定结果无显著性差异。因此,本法可作为标准法的重要补充。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] HJ503-2009,水质挥发酚的测定4-氨基安替比林分光光度法[S].
- [3] 蔡裕丰.4-氨基安替比林萃取光度法测定挥发酚探讨[J].环境科学与技术,2007,30(增刊).
- [4] 中国环境监测总站《环境水质监测质量保证手册》编写组.环境水质监测质量保证手册[M].北京:化学工业出版社,1994.

Detection of High – Content Volatile Phenol in Sewage by 4 – Aminoantipyrine Direct Spectrophotometric Method

CAI Yu – feng, WU Chun – yan

(Qidong Municipal Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

Abstract: A series of the calibration curve of 50.00mg/L standard phenol solution being taken, and the reagent is added for color reaction according to 4 – Aminoantipyrine direct spectrophotometric method. With a wavelength of 510nm, the light absorption rate is detected by 5mm colorimetric dish, and the detection limit could be increased to 12.5mg/L. Usually, the phenol with high concentration in the sewage can be directly detected or with little dilution. The detection limit by this method is 0.06mg/L, the color system can be maintained for 60min. The RSD is less than 4%, the recovery is between 96.8% ~ 102.5%. The results is almost the same as that of the standard method.

Key words: 4 – Aminoantipyrine direct spectrophotometric method; high – content volatile phenol; sewage; detection

.....
(上接第 84 页)

A Discussion of Factors Affecting Total Nitrogen Determination in Water

MAO Li – bin

(Dangtu County Environmental Monitoring Station, Dangtu Anhui 243100 China)

Abstract: This paper discusses the laboratory water use, the reagent, the glassware, the operation, the digestion, the digestion temperature, the digestion time, the cooling time of digestion and the experimental environmental conditions for determining the total nitrogen in the surface water, in order to simplify the work.

Key words: total nitrogen; water quality monitoring; influence factors

吹扫捕集-气相色谱/质谱法测定水中 27种挥发性有机物

李国媛

(富民县环境保护监测站, 云南 富民 650400)

摘要:建立了吹扫捕集-气相色谱/质谱法测定地表水环境质量标准所要求必须监测的27种挥发性有机物。采用全扫描和选择离子扫描方式,内标法进行测定,提高了定性、定量分析的准确性。各目标物方法检出限为0.04~2.8 $\mu\text{g/L}$,加标回收率为82.7%~108%,RSD为1.42%~8.68%。

关键词:吹扫捕集;气相色谱/质谱法;挥发性有机物

中图分类号:X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2012)03-0088-03

挥发性有机物(Volatile Organic Compounds)是指沸点在50 $^{\circ}\text{C}$ ~250 $^{\circ}\text{C}$,室温下饱和蒸汽压超过133.32Pa,在常温下以蒸汽形式存在于空气中的一类有机物。主要包括有:烃类、卤代烃、氮烃、含氧烃、硫烃、芳香烃、氯代芳香烃等^[1]。由于水质污染及水处理工艺等影响,挥发性有机物在饮用水和地表水中普遍存在,如浓度过大,可能对人体产生致癌、致突变等影响^[2]。世界卫生组织和我国水质标准中均对这些指标提出了限值要求^[3~6]。

水中VOCs的浓度一般很低,需对样品进行富集预处理,常用的富集方法有吹扫捕集法、溶剂萃取法、固相微萃取法、顶空法、大孔树脂吸附法和闭合环路气体洗提法等^[7]。吹扫捕集具有快速、准确、富集效率高、不需要有机溶剂等优点,与气相色谱/质谱仪的联用可充分发挥二者的优势,成为VOCs分析中最重要的仪器设备。本文采用吹扫捕集法对水中27种挥发性有机物进行富集,解析后经色谱分离,采用质谱的SIM扫描方式,内标法定量,取得满意结果。

1 实验部分

1.1 仪器设备和试剂

Agilent 7890A/5975C 气质联用仪(美国),EI离子源;Tekmar 3100 吹扫捕集仪(美国),配25ml吹扫管,自动进样器;色谱柱:HP-VOC(60m \times 0.32mm \times 1.8 μm)毛细管柱。

25种VOCs混合标样(美国AccuStandard公司),除环氧氯丙烷浓度为500 $\mu\text{g/ml}$,其余浓度为

100 $\mu\text{g/ml}$,溶剂为甲醇;丙烯腈标样(美国AccuStandard公司),浓度为1000 $\mu\text{g/ml}$,溶剂为甲醇;松节油标样(美国AccuStandard公司),浓度为500 $\mu\text{g/ml}$,溶剂为甲醇。

内标物:氟苯(美国AccuStandard公司),浓度为2000 $\mu\text{g/ml}$,溶剂为甲醇。

替代物:1,2-二氯苯-d4,(美国SUPELCO公司),浓度为2000 $\mu\text{g/ml}$,溶剂为甲醇。

甲醇:默克,色谱纯。

纯水:屈臣氏蒸馏水。

1.2 样品采集与保存

将预先清洗、烘干好的40ml带聚四氟乙烯内衬的螺口盖棕色采样瓶带至现场,沿瓶壁缓缓注入水样至溢流而不留气泡,滴加2滴1:1的盐酸作固定剂以防止水样发生生物降解。将采集好的样品瓶放入加有冰块的冷藏箱内,4 $^{\circ}\text{C}$ 条件下运回实验室。样品在采样后应尽快分析,样品在4 $^{\circ}\text{C}$ 下保存,时间不得超过7d。

所有样品都要采集平行样,且每批样品应制备至少两个全程序空白样,即用纯水代替样品,与同批样品一同运输和储存。

1.3 仪器分析条件

1.3.1 吹扫捕集参数

样品进样量:25ml;吹扫气体:高纯氮气;吹扫温度:室温;吹扫时间:10min;解析温度:200 $^{\circ}\text{C}$;解析时间:2min;烘烤温度:250 $^{\circ}\text{C}$;烘烤时间:10min。

1.3.2 色谱条件

载气:He,2.0ml/min;进样口温度:220 $^{\circ}\text{C}$;分流比:5:1;程序升温:35 $^{\circ}\text{C}$ 保持2min,15 $^{\circ}\text{C}/$

min 升温至 100℃, 3℃/min 升温至 110℃, 保持 0.5min, 5℃/min 升温至 220℃, 保持 5min。

1.3.3 质谱条件

离子源温度: 220℃; 四极杆温度: 150℃; 传输线温度: 250℃; 溶剂延迟: 0min; 扫描模式: 同时 SCAN 和 SIM。

2 结果与讨论

2.1 标准曲线的绘制

使用氟苯为内标物, 1, 2-二氯苯-d4 为替代物, 用微量注射器取一定体积的各标准溶液、内标溶液和替代物溶液注入到装有纯水的 100ml 容量瓶中, 纯水定容到刻度, 配制 6 个浓度点的混合标准溶液系列。用量筒准确量取 40ml 校准曲线溶液, 转移到吹扫瓶中, 进样测定。校准曲线溶液浓度见表 1。

表 1 校准曲线溶液浓度 (μg/L)

| 化合物 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 除环氧氯丙烷外 24 项目标物 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 5.0 | 10 | 20 |
| 环氧氯丙烷 | 2.5 | 5.0 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 丙烯腈 | 2.5 | 5.0 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 松节油 | 1.0 | 2.0 | 5.0 | 10 | 20 | 40 |
| 内标物 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 替代物 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 5.0 | 10 | 20 |

2.2 总离子流图

图 1 为各挥发性有机物混合标准溶液在 SIM 模式下的总离子流图。其中四氯化碳和苯, 间二甲苯和对二甲苯, 以及苯乙烯和邻二甲苯未能实现基线分离, 但由于定量离子不同, 可准确进行定量分析。其余目标物均分离良好。

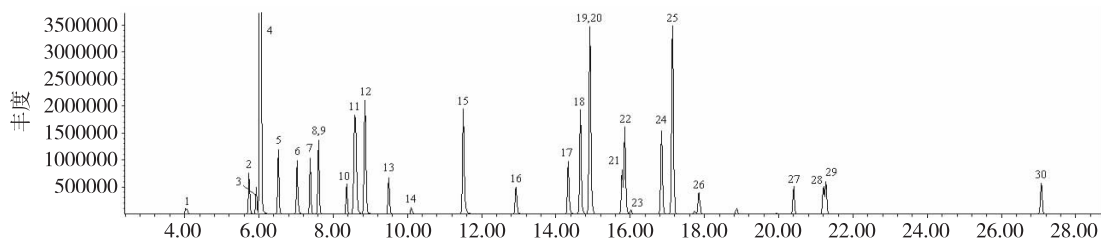


图 1 标准样品总离子流图 (SIM模式)

2.3 样品测定

将冷藏的样品取出, 开启瓶盖。用微量进样针移取一定体积的内标溶液和替代物溶液, 以 40ml 为定容体积, 内标物和替代物的浓度均为 5μg/L。拧紧瓶盖轻轻摇匀样品, 待样品温度恢复至室温后可进行测定。

对全程序空白的分析测定要求不能有目标化合物检出, 否则应检查系统中是否有污染。

2.4 目标化合物的定性和定量

在全扫描模式下, 用相对保留时间 (RRT) 和谱库检索两种方式对目标化合物进行定性分析。目标化合物的 RRT 一定在 ±0.06RRT 以内; 谱库检索的质谱图匹配度应高于 85%; 标准溶液谱图中相对离子丰度 >10% 的所有离子, 在样品的谱图中要存在; 标准溶液和样品之间上述特定离子的相对强度要在 20% 以内; 在样品谱图中存在相对离子丰度高于 10% 的离子, 但标准溶液谱图中不存在, 可能存在干扰, 必要时找出原因。

为了消除干扰, 本文采用内标法定量。使用氟苯作为内标, 选择各目标化合物合适的定量离子和辅助定量离子, 以质谱的 SIM 扫描方式进行测定。

各目标化合物大部分均能实现基线分离, 四氯化碳和苯出峰位置重合, 苯乙烯和邻二甲苯未能完全分离, 但由于各自定量离子的不同, 因此也能准确进行定量。间二甲苯和对二甲苯出峰位置重合, 定量离子也相同, 所以以两者含量之和报出。松节油主要成分为 α-蒎烯和 β-蒎烯, 其含量为两者之和。

2.5 方法检出限、精密度和回收率

取校准曲线第一点浓度的 27 种 VOCs 混标进行 7 次平行测定, 计算每种目标化合物的标准偏差 δ, 按照公式: $MLD = t_{(n-1, 0.99)} \times \delta$ (t 为置信度为 99% 时的值, $t = 3.143$) 计算方法检出限。

向纯水中加入一定量的标准溶液, 配制成 25 项 VOC 浓度为 5.0μg/L (环氧氯丙烷为 25μg/L), 丙烯腈浓度为 25μg/L, 松节油浓度为 10μg/L。平行测定 6 次, 计算各目标化合物的平均回收率和相对标准偏差。

各目标化合物的保留时间、定量离子、相关系数、检出限、精密度和回收率汇总见表 2。

3 结论

采用吹扫捕集-气相色谱/质谱法测定水中 27

种挥发性有机物,具有操作简单、分离效果好、重现性好、检出限低、方法回收率高等优点,能够有效、快速、准确地测定多种水样中的27种挥发性有机物,符合水质的监测要求。

表2 目标化合物保留时间、定量离子、相关系数、检出限、精密度和回收率汇总

| 序号 | 化合物 | 保留时间/min | 定量离子 | 辅助定量离子 | 相关系数 | 检出限 | RSD% | 回收率% |
|----|-----------------|----------|------|--------|--------|------|------|------|
| 1 | 氯乙烯 | 4.034 | 62 | 64 | 0.9947 | 0.28 | 3.56 | 82.7 |
| 2 | 1,1-二氯乙烯 | 5.738 | 96 | 6163 | 0.9987 | 0.36 | 4.42 | 88.9 |
| 3 | 丙烯腈 | 5.930 | 53 | 52 | 0.9991 | 2.8 | 6.07 | 91.6 |
| 4 | 二氯甲烷 | 6.044 | 84 | 86 | 0.9974 | 0.24 | 5.12 | 87.6 |
| 5 | 反式-1,2-二氯乙烯 | 6.527 | 96 | 61 | 0.9984 | 0.36 | 2.79 | 93.6 |
| 6 | 2-氯-1,3-丁二烯 | 7.028 | 53 | 88 | 0.9992 | 0.15 | 4.68 | 98.7 |
| 7 | 顺式-1,2-二氯乙烯 | 7.388 | 96 | 61 | 0.9956 | 0.20 | 6.60 | 101 |
| 8 | 三氯甲烷 | 7.606 | 83 | 85 | 0.9967 | 0.04 | 3.06 | 104 |
| 9 | 1,2-二氯乙烷 | 8.368 | 62 | 98 | 0.9979 | 0.06 | 3.81 | 88.9 |
| 10 | 四氯化碳 | 8.586 | 117 | 119121 | 0.9988 | 0.15 | 4.08 | 92.7 |
| 11 | 苯 | | 78 | 77 | 0.9990 | 0.30 | 5.77 | 105 |
| 12 | 氟苯(内标) | 9.501 | 96 | 70 | - | - | - | - |
| 13 | 三氯乙烯 | 9.501 | 130 | 95 | 0.9992 | 0.44 | 6.28 | 96.6 |
| 14 | 环氧氯丙烷 | 10.108 | 57 | 62 | 0.9975 | 1.5 | 8.68 | 92.0 |
| 15 | 甲苯 | 11.505 | 91 | 92 | 0.9993 | 0.12 | 3.96 | 84.4 |
| 16 | 四氯乙烯 | 12.929 | 166 | 129 | 0.9990 | 0.32 | 2.12 | 91.3 |
| 17 | 氯代苯 | 14.336 | 112 | 77 | 0.9995 | 0.15 | 1.42 | 93.7 |
| 18 | 乙苯 | 14.658 | 91 | 106 | 0.9992 | 0.34 | 2.88 | 98.2 |
| 19 | 间-二甲苯 | 14.917 | 91 | 106 | 0.9994 | 0.68 | 5.75 | 99.5 |
| 20 | 对-二甲苯 | | 91 | 106 | | | | |
| 21 | 苯乙烯 | 15.782 | 104 | 78 | 0.9989 | 0.64 | 6.36 | 87.8 |
| 22 | 邻二甲苯 | 15.856 | 91 | 106 | 0.9992 | 0.33 | 7.72 | 93.0 |
| 23 | 三溴甲烷 | 16.027 | 173 | 171175 | 0.9976 | 0.89 | 8.04 | 108 |
| 24 | 异丙苯 | 16.850 | 105 | 120 | 0.9992 | 0.16 | 6.50 | 103 |
| 25 | α-萘烯 | 17.146 | 93 | 77 | 0.9990 | 0.24 | 3.88 | 96.2 |
| 26 | β-萘烯 | 17.857 | 93 | 77 | 0.9995 | 0.24 | 4.96 | 95.8 |
| 27 | 1,4-二氯苯 | 20.406 | 146 | 111 | 0.9997 | 0.09 | 2.79 | 101 |
| 28 | 1,4-二氯苯-d4(替代物) | 21.208 | 150 | 115 | 0.9992 | 0.14 | 3.70 | 103 |
| 29 | 1,2-二氯苯 | 21.274 | 146 | 111 | 0.9992 | 0.11 | 4.45 | 94.2 |
| 30 | 六氯丁二烯 | 27.074 | 225 | 190260 | 0.9993 | 0.28 | 6.66 | 90.8 |

参考文献:

[1] 郑能雄,林华影,柯华,等.吹扫捕集/气相色谱-质谱联用法同时测定水中62种挥发性有机物[J].中国卫生检验杂志,2010,20(6).

[2] 张岚,蒋兰,鄂学礼,等.饮用水中痕量挥发性有机物吹扫捕集-气质联用测定法[J].环境与健康杂志,2008,25(5).

[3] World Health Organization Guidelines for drinking water quality. 2005.

[4] GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].

[5] GB5749-2006,生活饮用水卫生标准[S].

[6] 金银龙,鄂学礼,张岚.《生活饮用水卫生标准》释义[M].北京:中国标准出版社,2007.

[7] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法(4版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.

(下转第93页)

污泥焚烧中二氧化硫检测 新方法及污泥处理探讨

赵阳, 焦健, 李乐

(新乡市环境保护监测站, 河南 新乡 453002)

摘要: 对新乡市9个污水处理场污泥预处理后, 用测硫仪分析污泥含硫量, 并用经验公式根据年污水处理量, 估算焚烧污泥方法年二氧化硫排放总量。结果显示: 用测硫仪测定污泥含硫量, 核算二氧化硫排放量, 与现有方法相比, 操作简便易行, 结果不受采样条件、时间、环境、布点等因素影响, 重现性好、完整、精密。同时发现部分污泥含硫量超过规定用煤中含硫量, 建议用焚烧方法处置污泥, 净化尾气。

关键词: 污泥焚烧; 二氧化硫; 检测; 方法

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0091-03

二氧化硫气体可严重损伤人类呼吸系统, 引发疾病; 溶于水后形成酸雨腐蚀植被, 对人类和环境造成极大损害。其主要来源于煤和石油的燃烧。人类在生产、生活活动中产生的污水, 经城镇污水处理厂处理, 形成污水污泥, 其中含有大量寄生虫卵、病原菌、毒性重金属等污染物, 并散发恶臭影响环境空气质量。污泥处理的方法主要有: 填埋、土地堆肥利用、焚烧和综合利用等^[1], 但均会对环境造成不同程度的二次污染^[2]。目前, 已有对污泥重金属^[3]及飞灰重金属含量^[4]的研究。污泥焚烧也会产生二氧化硫, 《危险废物焚烧污染控制标准》(GB18484-2001)对焚烧固废产生的二氧化硫的浓度、检测有了规定, 但所测浓度有阶段性。我们根据相关标准对样品进行处理并用仪器焚烧, 准确分析了污泥中硫分含量, 并根据经验公式计算外排总量, 操作简便、经济、并能提高检测的准确性。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

5E-8S/A II 全自动测硫仪(长沙开元仪器有限公司), 超纯水仪 classic UF(英国 ELGA 公司), 电子天平 CP114 先行者(奥豪斯仪器(上海)有限公司)。

煤物理化学成分分析标准物质 GBW 11108h(国家煤炭质量监督检验中心、山东省冶金科学

研究院), GBW 11101p(煤科总院煤炭分析实验室, 国家煤炭质量监督检验中心); 溴化钾(分析纯; 天津市科密欧化学试剂有限公司); 碘化钾(分析纯, 天津市福晨化学试剂厂); 冰乙酸(分析纯, 开封化学试剂总厂); 三氧化钨(分析纯, 天津市化学试剂四厂); 硅胶(上海精龙化工有限公司); 实验用水为经超纯水仪处理后的超纯水。

1.2 样品和方法

污泥样品前处理: 将采集到的污泥在 105℃ 烘至恒重, 粉碎、研磨过 100 目筛, 收集待分析。污泥中硫分分析过程参考《煤中全硫的测定方法》(GB/T 214-2007)。

1.3 实验数据及方法对比分析

《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)没有关于污泥硫化物排放总量及检测的方法标准, 《危险废物焚烧污染控制标准》(GB18484-2001)对焚烧固废二氧化硫的外排浓度和分析方法有了规定, 但操作性、准确性稍差, 其检测方法采用《甲醛吸收副玫瑰苯胺分光光度法》(《空气和废气监测分析方法》中国环境科学出版社), 此方法是在一定的时间段采集排放的二氧化硫, 但焚烧时段不同二氧化硫的浓度也就不同。我们利用测硫仪对污泥样品进行测量, 保证了二氧化硫采集的完整性, 且仪器分析减少了多步手工分析的误差。表 1 为对 9 个污水处理厂的污泥进行处理并分析的结果。

收稿日期: 2011-12-01

作者简介: 赵阳(1981-), 男, 工程师, 理学硕士学位, 研究方向: 环境监测。

表1 9个污水处理厂污泥含硫量

| 样品 | 硫含量/% | | | 均值 | 相对偏差/% |
|-----------|-------|------|------|------|--------|
| GBW11101p | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.51 | 1.32 |
| GBW11108h | 1.83 | 1.82 | 1.83 | 1.83 | 0.36 |
| 污泥1 | 0.75 | 0.76 | 0.77 | 0.76 | 1.32 |
| 污泥2 | 0.82 | 0.82 | 0.85 | 0.83 | 2.41 |
| 污泥3 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.00 |
| 污泥4 | 1.03 | 1.06 | 1.02 | 1.04 | 2.25 |
| 污泥5 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 1.53 |
| 污泥6 | 0.39 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 3.31 |
| 污泥7 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 1.43 |
| 污泥8 | 0.35 | 0.34 | 0.35 | 0.35 | 1.92 |
| 污泥9 | 0.67 | 0.65 | 0.67 | 0.66 | 2.01 |

从表1中数据可以看出：国标分析结果的准确性和精密度良好，为样品准确分析提供了保证；利用仪器测试结果重复性好，精密度较高，相对偏差控制在4%以内。

本方法实验过程简单，只有烘干、粉碎及电解液配置等基本操作，实验过程为最基本的操作技能，所用试剂毒性小。相比国标 GB18484-2001，需先采集二氧化硫气体，要购置采集装置，配制吸收液，吸收液在配制时要用到剧毒的甲醛，会对实验人员身体产生危害；吸收的使用液也有保质期，过期不能使用，且得经过处理才能排放，否则污染环境；分析前要配置碘酸钾、碘、亚硫酸钠等多种试剂及显色剂，要反复标定才能最后确定二氧化硫标准使用液浓度；分析时要配置标线，控制显色温度及时间等，最后进行比色并计算。操作繁琐，过程复杂，需购买多种试剂，耗费财力。最重要的是检测的结果只代表焚烧过程某一阶段的二氧化硫的平均浓度，我们在用仪器分析时发现，仪器焚烧污泥时，二氧化硫在不同的时段内，产生的量不一样，9个污泥焚烧得到的绝大部分二氧化硫在初期的20~50s内500℃已产生完毕，在接下来的200~300s 1150℃产生量少，但延续时间长；不像煤在焚烧整个过程中产生二氧化硫过程中量值较为均衡。可能是污泥中硫化物多以易挥发的有机物或易分解硫化物形式存在，导致样品在初始阶段受热便大量逸出并燃烧。所以，采集气体样品的代表性及完整性较差，也影响到结果的准确性。而我们的方法能保证样品的相对完整准确。

2 讨论

表1的分析结果显示，焚烧的污泥中硫含量分布在0.34%~1.06%，一些环保意识强的城市为

为了防止二氧化硫污染，推荐使用的低硫煤硫含量已经降到0.6%，并禁止燃用含硫量>0.8%的煤炭。本方法发现了现行方法不能发现的问题，即焚烧的部分污泥硫含量已经严重超标，对其焚烧等同于焚烧同等量的高硫煤，对环境造成污染，建议采取焚烧方法时，尾气净化后方可排放。表2中，根据经验公式估算得到了理论上焚烧9个污水处理场污泥的二氧化硫排放量。从这个数据可以看出，理论上焚烧污泥的二氧化硫年排放量约300t，这势必要求我们对污泥的处理方法谨慎甄选。

表2 焚烧9个污水处理厂污泥的二氧化硫理论排放量

| 污水处理厂 | 日污水处理量/万t | 年产干污泥量/t | 干污泥含硫量/% | 年焚烧产二氧化硫量/t |
|-------|-----------|----------|----------|-------------|
| 1 | 12.00 | 6570.00 | 0.83 | 109.06 |
| 2 | 9.80 | 5365.50 | 0.76 | 81.56 |
| 3 | 2.00 | 1095.00 | 0.35 | 7.67 |
| 4 | 1.28 | 700.80 | 0.40 | 5.61 |
| 5 | 2.00 | 1095.00 | 0.66 | 14.45 |
| 6 | 2.00 | 1095.00 | 0.60 | 13.14 |
| 7 | 2.90 | 1587.75 | 1.04 | 33.03 |
| 8 | 2.80 | 1533.00 | 0.47 | 14.41 |
| 9 | 3.00 | 1642.50 | 0.44 | 14.45 |
| 合计 | 25.78 | 14114.55 | - | 293.37 |

目前几种常用的方法，填埋简单易行，施于农田可变废为肥，但须消耗珍贵的土地资源，污泥所含各种病原菌、重金属及难降解剧毒有机物，若处理不彻底会更大程度地污染土壤危害人类。焚烧和综合利用都要高温加热，产生二氧化硫直接排放将污染环境，但可采用亚硫酸钠法、氧化锌法等对燃烧废气吸收处理，废物回收利用。同时，建议在污水处理工程中尽量不使用或少使用含硫试剂降低污泥含硫量减小污泥处理压力。

3 结论

用测硫仪测定污泥含硫量，核算二氧化硫排放量，与现有方法相比，操作简便易行，结果不受采样条件、时间、环境、布点等因素影响，重现性好、完整、精密。本方法发现了现行方法不能发现的问题，即焚烧的部分污泥硫含量已经严重超出规定可燃煤中含硫量，对其焚烧等同于焚烧同等量的高硫煤，直接排放焚烧气体会对环境造成污染。建议采取焚烧方法时，尾气净化后方可排放。

参考文献：

- [1] 余杰, 田宁宁, 王凯军, 等. 中国城市污水处理厂污泥处理、处置问题探讨分析 [J]. 环境工程学报, 2007, 1 (1).
- [2] 刘海丽, 杜元新. 水处理污泥处理处置研究进展 [J]. 环境

- 监控与预警, 2010, 2 (6). [4] 刘敬勇, 孙水裕. 火焰原子吸收光谱法在分析污泥焚烧飞灰中重金属化学形态上的应用 [J]. 冶金分析, 2011, 31 (3).
[3] 董仁杰. 火焰原子吸收光谱法测定污泥中铜锌铅镉镍 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2002, 38 (10).

A Discussion on A New Method of Detecting Sulfur Dioxide from Burning Sludge and Sludge Treatment

ZHAO Yang, JIAO Jian, LI Le

(Xinxiang Municipal Environmental Monitoring Center, Xinxiang Henan 453002 China)

Abstract: The pre-treated sludge from the nine wastewater treatment plants in Xinxiang Municipality is detected to measure their sulfur content by using the sulfur measuring instrument. The annual discharge of sulfur dioxide is calculated for burning the sludge by using the experience formula based on the annual sewage treatment capacity. The result shows that the new method is simpler than the current available method, and its result is free of sampling conditions, time, environment and distribution, with good reproducibility, integrity and accuracy. We find that the sulfur content in some sludge is above the allowed amount in coal, therefore it is suggested to purify the exhaust gas when burning the sludge.

Key words: burning sludge; sulfur dioxide; detecting; method

(上接第 90 页)

Determination of 27 Volatile Organic Compounds in Water by Purge and Trap - Gas Chromatography/Mass Spectrometry

LI Guo - yuan

(Fuming County Environmental Monitoring Station, Fuming Yunnan 650400 China)

Abstract: A method is established for determination of 27 volatile organic compounds in water by purge and trap - gas chromatography/mass spectrometry. Full scan mode, selective ion mode and the internal standard method are used to improve the accuracy of the qualitative and quantitative analysis. The detection limit is in a range of $0.04\mu\text{g/L} \sim 2.8\mu\text{g/L}$, the recoveries are between $82.7\% \sim 108\%$ and the RSD lies between $1.42\% \sim 8.68\%$.

Key words: purge and trap; gas chromatography - Mass spectrometry; volatile organic compounds

污水处理厂剩余污泥中总磷的测定

冯新长¹, 张黎黎²

(1. 六安市环境监测中心站, 安徽 六安 237001; 2. 六安市立医院, 安徽 六安 237006)

摘要: 采用过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法的方法测定污水处理厂剩余污泥中的总磷, 通过实验确定最佳预处理方法、消解方法、过硫酸钾用量等分析条件。结果表明, 方法线性良好, 实际污泥样品的平行测定的 RSD 为 0.5% ~ 1.1%, 加标回收率为 97.0% ~ 106%。

关键词: 剩余污泥; 总磷; 钼锑抗分光光度法

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0094-03

随着我国污水处理能力的显著提高, 污水处理厂的污泥产生量也越来越多。我国目前脱水污泥产量接近 2200 万 t, 其中有 80% 未得到妥善处理, 随意抛弃、倾倒, 由此引发的二次污染问题屡有发生^[1]。剩余污泥中含有大量的磷及其他有机物质, 可以掺入煤中提高燃烧特性^[2], 也可以作为优质的土壤改良剂和农肥使用^[3]。由于污泥中成分复杂, 确定其成分及含量尤为重要, 磷是植物必须营养元素, 是衡量水体富营养化的重要指标之一, 也是污水处理厂污泥农林业资源化利用技术的一项重要参数。因此, 测定污水处理厂的污泥中的总磷含量非常有必要。水中总磷标准测定方法为过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法^[4,5], 现用该法测定污水处理厂剩余污泥中的总磷, 结果令人满意。

1 实验部分

1.1 主要仪器和试剂

压力蒸汽灭菌锅; 烘箱; 723 分光光度计; 100 目样品筛。

10% 过硫酸钾溶液; 10% 抗坏血酸; 钼酸盐溶液。

1.2 实验步骤

1.2.1 样品来源

污泥采自稳定运行的六安市城北污水处理厂的剩余污泥。该污水处理厂进水流量为 75000m³/d, 污泥回流比为 60%, 进水和出水总磷质量浓度约为 7mg/L 和 0.5mg/L, 去除率达 93%, 剩余污泥的排放量约为 6000m³/d。

1.2.2 样品预处理

取剩余污泥 20g, 平摊于干净的蒸发皿表面, 放入立式烘箱内, 在 60℃ 条件下烘干至恒重 (约 3h)。将烘干污泥刮下进行碾碎, 并过 100 目筛, 筛下污泥为备用样品。

1.3 测定

1.3.1 标准曲线的绘制

用磷标准使用液 (P 5.00μg/ml) 按表 1 操作。

表 1 标准管配制

| 管号 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 标准溶液/ml | 0 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 蒸馏水/ml | 25.0 | 24.5 | 24.0 | 23.0 | 22.0 | 21.0 | 20.0 |
| 磷含量/μg | 0 | 2.5 | 5.0 | 10.0 | 15.0 | 20.0 | 25.0 |

向各管中加入 4ml 10% 过硫酸钾溶液, 加塞后管口用纱布扎紧, 置于压力蒸汽灭菌锅内, 待压力上升达 1.1kg/cm² (相应温度为 120℃), 保持此压力消解 30min, 停止加热, 待压力表指针回零后, 取出防冷, 定容至 50ml, 先后向比色管中加入 1ml 10% 抗坏血酸; 2ml 钼酸盐溶液, 放置显色 20min。用 30mm 比色皿于 700nm 波长处, 以蒸馏水为参比, 测定吸光度。制定标准曲线, 总磷质量对吸光度值绘制标准曲线, 回归方程为 $y = 0.0301x + 9 \times 10^{-4}$, 相关系数 $r = 0.9998$, 总磷标准曲线见图 1。

1.3.2 样品测定

准确称取过筛污泥 0.1g 左右 (准确至 0.0001g), 放入 250ml 具塞烧瓶, 分别加入 100ml 蒸馏水和 40ml 10% 过硫酸钾溶液, 加塞后用纱布扎紧, 置于压力蒸汽灭菌锅内, 待压力上升达 1.1kg/cm², 保持此压力消解 30min, 消解液经

收稿日期: 2011-12-06

作者简介: 冯新长 (1981-), 男, 安徽庐江人, 工程师, 本科, 主要从事环境监测分析工作。

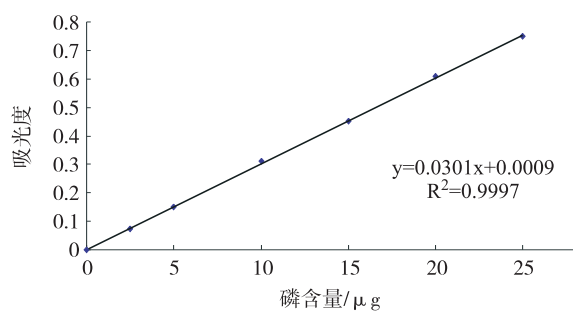


图1 总磷标准曲线

0.45 μm 孔径滤膜过滤, 滤液转移至 500ml 容量瓶中定容, 取 2ml 定容样于 50ml 比色管中定容, 后按照标准曲线的方法步骤测定吸光度, 由标准曲线算出污泥中总磷的质量。

2 结果与讨论

2.1 试验条件优化

2.1.1 污泥样品预处理

一般预处理方法为常温下风干, 可以避免污泥中磷的流失, 但是风干需时较长。取 9 份同批剩余污泥, 分别经常温风干、水浴锅蒸干和 60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干 3 种方法处理后, 用上述方法消解和测定, 结果显示风干和烘干预处理方法测定结果差异不大, 但风干法需时长, 水浴锅蒸干法由于样品暴露在空气中及温度太高, 造成磷的流失, 测定结果低于另外两种方法。因此, 实验选择用烘箱烘干 2h 的方法处理剩余污泥样品。

2.1.2 污泥样品消解

2.1.2.1 酸溶法

酸溶法一般选用硫酸和高氯酸消解, 此方法消解过程中产生大量的酸雾, 对人员及环境造成危害。同时, 此消解法加热时要严格控制电炉温度, 避免样品中有机物和酸在高温下爆炸, 有着安全隐患, 所以不宜采用。

2.1.2.2 碱熔融法

碱熔融法是将样品与氢氧化钠放在坩埚内, 置于高温炉内密封消解, 消解时坩埚内壁有残留, 带来损耗, 产生误差, 所以不宜采用。

2.1.2.3 微波消解法

微波消解法是将样品置于消解罐中, 加数滴水湿润, 加硫酸和高氯酸, 拧紧罐盖, 置于微波消解仪中, 设定升温及时间程序进行消解, 工作量较大, 产生酸雾, 所以不宜采用。

2.1.2.4 过硫酸钾消解法

过硫酸钾消解法消解污泥与水样总磷有着相同的消解方法, 操作简单快速。

比较了 4 种消解方法对 12 份同批剩余污泥样品测定结果的影响, 见表 2。

表 2 4 种消解方法测定同批样品的测定结果比较

| 消解方法 | 样品编号 | 时间 | 质量比 $\omega/\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ | 平均值 $\omega/\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ | RSD/% |
|---------|------|----------------------|--|--|-------|
| 酸溶法 | 1 | 约 2h (加热 1 h) | 32.5 | 32.7 | 0.6 |
| | 2 | | 32.7 | | |
| | 3 | | 32.9 | | |
| 碱熔融法 | 4 | 约 3h (加热 1 h) | 32.5 | 32.5 | 0.6 |
| | 5 | | 32.3 | | |
| | 6 | | 32.7 | | |
| 微波消解法 | 7 | 约 1.5h (消解 50min) | 33.1 | 33.2 | 0.3 |
| | 8 | | 33.3 | | |
| | 9 | | 33.2 | | |
| 过硫酸钾消解法 | 10 | 约 1h (消解 30min) | 33.1 | 33.2 | 0.3 |
| | 11 | | 33.3 | | |
| | 12 | | 33.2 | | |

表 2 表明, 4 种消解方法测定同批污泥样品测定结果差异不大, 但过硫酸钾法更简单快速, 结果也比较高, 由于与水样中测定总磷所用的消解方法相同, 避免了很多程序, 也降低了成本。

2.1.3 过硫酸钾用量

取 6 份同批烘干后剩余污泥样品, 加入 100ml 蒸馏水, 分别加入 10% 过硫酸钾不同体积, 置于压力蒸汽灭菌锅内消解, 测定结果见表 3。

表 3 不同过硫酸钾用量测定结果的比较

| 样品编号 | 过硫酸钾体积 v/ml | 污泥质量/ $\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$ | 总磷质量/ $\text{m}\cdot\mu\text{g}^{-1}$ | 质量比 $\omega/\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ |
|------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | 30 | 0.1021 | 3318 | 32.5 |
| 2 | 35 | 0.1038 | 3436 | 33.1 |
| 3 | 40 | 0.1020 | 3396 | 33.3 |
| 4 | 45 | 0.1020 | 3396 | 33.3 |
| 5 | 50 | 0.1042 | 3459 | 33.2 |
| 6 | 60 | 0.1032 | 3436 | 33.3 |

表 3 表明, 过硫酸钾用量对测定结果有影响, 但用量增至 40ml 后, 对测定结果影响不大。因此, 试验选用 40ml 10% 过硫酸钾。

2.2 精密度与加标回收试验

取 6 份烘干后污泥样品, 用该法平行测定 5 次, 精密度结果见表 4。取同样的 6 份烘干后污泥样品, 分别加入一定质量固体磷酸二氢钾, 做加标回收试验, 回收率见表 5。表 4 和表 5 说明该方法精密度和准确度均满足要求。

表4 精密度试验结果

| 样品 编号 | 总磷质量比 $\omega/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ | | | | | | 平均值 ω $/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ | RSD /% |
|----------|--|------|------|------|------|------|--|-----------|
| 1 | 33.2 | 33.1 | 33.4 | 33.2 | 32.9 | 33.4 | 33.2 | 0.5 |
| 2 | 33.0 | 33.1 | 33.0 | 33.5 | 33.6 | 33.6 | 33.3 | 0.5 |
| 3 | 33.0 | 32.6 | 33.4 | 33.6 | 33.4 | 33.2 | 33.2 | 0.9 |
| 4 | 32.7 | 33.0 | 33.8 | 32.5 | 32.4 | 33.8 | 33.2 | 1.1 |
| 5 | 33.5 | 33.1 | 33.6 | 32.8 | 33.3 | 33.5 | 33.3 | 0.8 |
| 6 | 33.4 | 33.2 | 32.9 | 33.3 | 33.5 | 33.5 | 33.3 | 0.6 |

表5 加标回收试验结果

| 样品 编号 | 污泥质量 $/\text{m} \cdot \text{g}^{-1}$ | 总磷质量 $/\text{m} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ | 加标量 $/\text{m} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ | 测定值 $/\text{m} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ | 回收率 /% |
|----------|---|--|---|---|-----------|
| 1 | 0.1530 | 5094 | 1596 | 6646 | 97.2 |
| 2 | 0.1537 | 5104 | 1596 | 6768 | 104 |
| 3 | 0.1530 | 5079 | 1596 | 6627 | 97.0 |
| 4 | 0.1554 | 5175 | 912 | 6144 | 106 |
| 5 | 0.1527 | 5085 | 912 | 6036 | 104 |
| 6 | 0.1542 | 5119 | 912 | 6057 | 103 |

3 结论

试验结果表明,以过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法的方法测定污水处理厂剩余污泥中的总磷,快速简便且误差小,污泥样品平行测定的RSD $\leq 1.1\%$,加标回收率为97.0%~106%,适用于污水处理厂剩余污泥中总磷的测定,该方法值得推广和应用。

参考文献:

- [1] 孙玉焕, 杨志海. 我国城市污水污泥的产生及研究概况 [J]. 广西轻工业, 2007, 4 (4).
- [2] 李洋洋, 金宜英, 李欢. 采用热重分析法研究煤掺烧干污泥燃烧特性 [J]. 中国环境科学, 2011, 1 (3).
- [3] 余兰兰, 钟秦. 城市污泥的处置及资源化展望 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18 (2).
- [4] 本书编委会. 水与废水监测分析方法 (4版增补版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [5] 张肖静, 高健磊, 刘航航, 等. 城市污水厂剩余污泥中总磷的测定 [J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22 (5).

Determination of Total Phosphorus in Surplus Sludge of Sewage Treatment Plant

FENG Xin-zhang¹, ZHANG Li-li²

(1. Liu'an Environmental Monitoring Center, Liu'an Anhui 27001 China)

Abstract: The total phosphorus in surplus sludge of sewage treatment plant is determined by molybdenum antimony spectrophotometry with digestion of saturated potassium persulfate solution. The pretreatment, digestion and dosage of $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ are optimized through experiment. The results show that the method has a sound linear, the RSD by parallel determination for the actual sludge sample is between 0.5% and 1.1% and the recoveries are between 97.0% and 106%.

Key words: surplus sludge; total phosphorus; molybdenum antimony spectrophotometry

利用土壤干燥箱主动干燥-微波消解-原子吸收分光光度法测定土壤中的重金属

张健美, 吴春妍, 许卫娟

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

摘要: 利用 M280685 土壤干燥箱干燥土壤、微波消解、原子吸收分光光度法, 在短时间内完成大量土壤样品中重金属的测定。利用该法测定土壤中的重金属平行双样测定合格率, 质控样品均能达到土壤环境监测技术规范 (HJ/T166-2004) 相应的要求。

关键词: 土壤; 重金属; 测定

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0097-03

土壤污染指由于人类活动产生的有害、有毒物质进入土壤, 积累到一定程度, 超过土壤本身的自净能力, 导致土壤性状和质量变化, 构成对农作物和人体的影响和危害的现象。受到污染的土壤, 本身的物理、化学性质发生改变, 如土壤板结、肥力降低、土壤被毒化等; 还会由于雨水淋溶, 污染物从土壤传入地下水或地表水, 造成水质的污染和恶化; 受污染土壤上生长的生物, 吸收、积累和富集土壤污染物后, 通过食物链进入人体, 可造成对人的影响和危害。其中重金属的污染具有多源性、隐秘性、长期性, 污染后果严重, 是重要的污染评价对象, 被各国列入优先控制污染物名单^[1]。

土壤重金属污染的防治离不开土壤质量的监测, 常规的土壤监测在干燥环节采用自然风干法, 费用较低, 但时间较长, 受交叉污染影响大, 通常需要 15~20d 甚至更长时间。采用 M280685 新型土壤干燥箱干燥, 应用模拟室内空气流动模式, 通过外动力送风, 恒定温度相结合快速进行干燥, 可以在 1d 内完成几十个样品的干燥处理工作, 样品分室独立存放和干燥, 避免了样品交叉污染。

本研究采用硝酸-氢氟酸-高氯酸的多元混酸微波消解法, 使土壤分解完全, 利用原子吸收分光光度仪进行测定。

1 采样

1.1 采样点位的布设及样品的采集

土壤样品 (简称土样) 的采集与处理, 是土壤分析工作的一个重要环节, 直接关系到分析结果的

正确与否。因此必须按正确的方法采集和处理土样, 以便获得符合实际的分析结果。根据土壤环境监测技术规范 (HJ/T166-2004) 采用梅花布点方式, 对选定区域内的湿地、农田耕地等土壤表土即表土至 20cm 的深度土壤样品进行采集, 各点取土壤的量应尽量相同, 并将取到的土壤样品混合均匀^[2]。

1.2 样品的制备及保存

使用竹刀将所采集样品中的大块土壤压碎, 去除碎石、植物根茎等杂物, 充分混匀后放入棕色玻璃样品瓶, 用封口膜封瓶, 贴上标签加注, 在低于 4℃ 条件下, 14d 内举行前处理。剩余样品, 待测定全部完成数据报出后, 移交样品库保存。

2 样品分析

2.1 样品前处理

2.1.1 干燥

去除碎石、植物根茎等杂物的土壤倒入白色瓷盘内均匀铺平, 放入 M280685 新型土壤干燥箱干燥, 新型的土壤干燥箱采用模拟室内空气流动模式, 即风干模式进行土壤的干燥。干燥空气是经过粗过滤和活性炭吸附的洁净热空气, 样品分室独立存放和干燥, 洁净、能避免样品交叉污染。干燥空气温度范围: 35±5℃。0.5h 翻动 1 次。

2.1.2 筛分

干燥后的土壤样品用玻璃棒磨碎, 过 20 目尼龙筛、筛下物混匀用四分法缩分, 至获得所需量样品。用玛瑙研钵研磨至样品全部通过 200 目筛, 装入棕色广口瓶, 贴上标签后取样或冷冻保存待用。

2.1.3 测定含水率

采用国家标准土壤水分测定法 (GB7172-87) 烘箱法^[3]分析土壤的含水率, 从筛分好的土壤样

收稿日期: 2011-11-04

作者简介: 张健美 (1973-), 女, 江苏启东人, 工程师。

品中称出 5.00 ~ 30.00g 样品 2 ~ 3 份, 于已恒重的称量瓶中, 放入 105 ± 2℃ 烘箱中烘 4h 后取出, 置于干燥器中冷却后称重。重复烘干 0.5h, 干燥至恒重。计算含水率。

2.1.4 微波消解

为了避免消解后大量的挥发性酸带来的挥发损失, 采用不加盐酸的消解方法。称取约 0.25g 放入聚四氟乙烯消解罐中, 加入硝酸 9ml、氢氟酸 3ml, 用微波消解法消解, 温度采用程序升温法, 升温曲线见图 1。微波消解结束后, 冷却至 40℃ 以下, 转移到聚四氟乙烯烧杯中, 加入 0.5ml 高氯酸, 在电热板上加热至 150℃ 赶酸至近干并冷却至室温, 过滤去除消解残留的灰分, 定容待测。

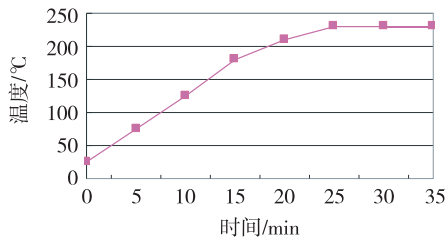


图1 微波消解升温曲线

2.2 仪器设备及试剂

2.2.1 仪器设备及条件

土壤干燥箱 M280685 ; 原子分光光度计 AA7003A; 微波消解仪 CEM Mars 5 型;

土壤干燥箱的操作条件: 干燥温度 35℃; 原子分光光度计操作条件见表 1。

表 1 原子分光光度计操作条件

| 元素 | 分析波长/nm | 狭缝宽度/nm | 灯电流/μA | 负高压/V | 空气流量/L·min ⁻¹ | 乙炔气流量/L·min ⁻¹ |
|----|---------|---------|--------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 镉 | 328.6 | 0.4 | 3.0 | 328.6 | 4.5 | 0.2 |
| 铜 | 324.8 | 0.4 | 3.0 | 265.2 | 5.5 | 0.5 |
| 铅 | 283.3 | 0.4 | 3.0 | 317.0 | 6.0 | 1.0 |
| 铬 | 357.9 | 0.4 | 3.0 | 320.5 | 4.5 | 1.5 |
| 锌 | 213.9 | 0.4 | 3.0 | 351.8 | 5.5 | 0.6 |
| 镍 | 232.0 | 0.2 | 3.0 | 318.9 | 5.5 | 0.5 |

2.2.2 试剂

硝酸、盐酸、氢氟酸、高氯酸、甲基异丁基甲酮 (MIBK)、吡咯烷二硫代氨基甲酸铵 (APDC), 均为优级纯。

标准储备液: 国家标准物质中心提供。

2.3 样品的测定与计算

2.3.1 样品的测定

按仪器选定的测定条件, 用 0.2% 硝酸调零, 吸入空白样和消解定容后的试样, 测量其吸光度。镉采

用 APDC - MIBK 萃取火焰原子吸收法测定, 以水饱和的甲基异丁基甲酮调零, 吸入空白样和消解后的试样的有机萃取相, 测定吸光度。扣除空白样的吸光度后, 从校准曲线上查出试样中金属的浓度^[4]。

2.3.2 计算

$$\text{重金属含量 (mg/kg)} = CV/m$$

式中: C —从校准曲线上查得相应测定的浓度 (mg/L); V —消解液定容后的体积 (L); m —样品称重量 (g)。

2.4 质量控制与质量保证

2.4.1 空白控制

选用试剂均为优级纯试剂, 同时进行空白试验以消除试剂引入的误差, 每批样品做 2 ~ 3 个试剂空白样单独消解赶酸测定空白值。

2.4.2 精密度控制

为了保证消解批次内和批次间的重现性, 每批样品分析时均做 20% 的平行样品, 5 个样品以下时, 平行样不少于 1 个。对每批样品的平行样检测结果计算相对标准偏差, 对照土壤环境监测技术规范 (HJ/T166 - 2004) 需符合各自范围内的紧密度要求。当平行双样测定合格率低于规范要求时, 除对当批样品重新测定外再增加样品 10% ~ 20% 的平行样, 直至平行双样的合格率大于 HJ/T166 - 2004 要求。

表 2 土壤监测平行双样测定值的紧密度和准确度允许误差

| 测项 | 样品含量范围 /mg·kg ⁻¹ | 精密度/% | | 准确度/% | | | 适用的分析方法 |
|----|-----------------------------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|
| | | 室内相对标准偏差 | 室间相对标准偏差 | 加标回收率 | 室内相对误差 | 室间相对误差 | |
| 镉 | < 0.1 | ±35 | ±40 | 75 ~ 110 | ±35 | ±40 | 原子吸收 |
| | 0.1 ~ 0.4 | ±30 | ±35 | 85 ~ 110 | ±30 | ±35 | 原子吸收 |
| | > 0.4 | ±25 | ±30 | 90 ~ 105 | ±25 | ±30 | 光谱法 |
| 铜 | < 20 | ±20 | ±30 | 85 ~ 105 | ±20 | ±30 | 原子吸收 |
| | 20 ~ 30 | ±15 | ±25 | 90 ~ 105 | ±15 | ±25 | 原子吸收 |
| | > 30 | ±15 | ±20 | 90 ~ 105 | ±15 | ±20 | 光谱法 |
| 铅 | < 20 | ±30 | ±35 | 80 ~ 110 | ±30 | ±35 | 原子吸收 |
| | 20 ~ 40 | ±25 | ±30 | 85 ~ 110 | ±25 | ±30 | 原子吸收 |
| | > 40 | ±20 | ±25 | 90 ~ 105 | ±20 | ±25 | 光谱法 |
| 铬 | < 50 | ±25 | ±30 | 85 ~ 110 | ±25 | ±30 | 原子吸收 |
| | 50 ~ 90 | ±20 | ±30 | 85 ~ 110 | ±20 | ±30 | 原子吸收 |
| | > 90 | ±15 | ±25 | 90 ~ 105 | ±15 | ±25 | 光谱法 |
| 锌 | < 50 | ±25 | ±30 | 85 ~ 110 | ±25 | ±30 | 原子吸收 |
| | 50 ~ 90 | ±20 | ±30 | 85 ~ 110 | ±20 | ±30 | 原子吸收 |
| | > 90 | ±15 | ±25 | 90 ~ 105 | ±15 | ±25 | 光谱法 |
| 镍 | < 20 | ±30 | ±35 | 80 ~ 110 | ±30 | ±35 | 原子吸收 |
| | 20 ~ 40 | ±25 | ±30 | 85 ~ 110 | ±25 | ±30 | 原子吸收 |
| | > 40 | ±20 | ±25 | 90 ~ 105 | ±20 | ±25 | 光谱法 |

2.4.3 准确度

为了保证批次间的样品测定的重现性,以及结果准确性,每批样品带一土壤标准样 ESS-2 作为质控样^[5],测定结果须在标准样的保正值内,否则该批样品结果无效,需重新测定。

表3 批次间平行样(质控样 ESS-2)测定结果(mg/kg)

| 编号 | 元素 | 保证值 | 测定值 | 相对标准偏差 |
|----|----|---------------|---------------|--------|
| 1 | 镉 | 0.041 ± 0.011 | 0.039 ± 0.008 | 1.92 |
| 2 | 铜 | 27.6 ± 0.5 | 27.3 ± 0.23 | 1.63 |
| 3 | 铅 | 24.6 ± 1.0 | 23.8 ± 0.68 | 7.72 |
| 4 | 铬 | 75.9 ± 4.6 | 73.9 ± 1.8 | 3.2 |
| 5 | 锌 | 63.5 ± 3.5 | 62.5 ± 2.5 | 5.4 |
| 6 | 镍 | 33.6 ± 1.6 | 32.4 ± 0.4 | 1.73 |

3 实际土壤样品分析

对启东市若干农田土壤重金属含量的分析结果见表4。

表4 启东市化工园区土壤样品分析结果(mg/kg)

| 编号 | 镉 | 铜 | 铅 | 铬 | 锌 | 镍 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.37 | 55.4 | 37.4 | 40.2 | 89.6 | 40.2 |
| 2 | 0.36 | 53.2 | 39.8 | 38.6 | 87.3 | 41.6 |
| 3 | 0.40 | 54.6 | 36.5 | 39.4 | 89.0 | 40.3 |
| 5 | 0.38 | 52.8 | 39.2 | 37.8 | 88.8 | 42.8 |
| 5 | 0.37 | 53.8 | 38.4 | 38.4 | 87.7 | 43.6 |
| 6 | 0.35 | 54.3 | 35.6 | 37.5 | 86.7 | 42.5 |

4 结论

(1) 方法平行双样测定的相对标准偏差 < 20%, 质控样的测定结果均在保正值范围内, 达到土壤环境监测技术规范(HJ/T166-2004)相应的要求;

(2) 利用土壤干燥技术, 可以快速处理不同含水量的土壤样品, 可以满足对土壤中重金属元素的测定需要;

(3) 该方法为土壤中重金属污染现状调查、污染事故应急调查的分析工作, 提供了一种快速准确的分析手段。

参考文献:

- [1] A. Moller, H. W. Moier, A. Abdullah, et al. Urban soil pollution in Damascus, Syria; concentration and patterns of heavy metals in the soil of the Damascus Ghouta [J]. Geoderma, 2005, 124.
- [2] HJ/T166-2004, 土壤环境监测技术规范[S].
- [3] GB7172-87, 土壤水分测定法[S].
- [4] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(四版)[M]. 北京: 环境科学出版社, 2002.
- [5] 徐丽萍, 夏得祥. 环境监测中质控样的选择[J]. 上海环境科学, 1991, 10(2).

Determination of Heavy Metal in Soil through Active Drying of Soil Drying Oven, Microwave Digestion and Atomic Absorption Spectrophotometry

ZHANG Jian - mei, WU Chun - yan, XU Wei - juan

(Qidong Municipal Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

Abstract: The heavy metal in a large amount of soil sample could be determined in a short time by drying the soil with M280685 soil drying oven, microwave digestion and atomic absorption spectrophotometry. The qualified rate of the parallel double - sample testing by this method and the quality - controlled samples can both reach the requirements of Technical Specification for Soil Environmental Monitoring (HJ/T166 - 2004).

Key words: soil; heavy metal; determination

差压法测试生化需氧量的校验方法及过程

陈婧娟

(昆明市五华区环境保护监测站, 云南 昆明 650031)

摘要:介绍了在用差压法测试生化需氧量的校验过程中所需的技术要求、校验条件、校验项目, 并通过测试数据阐述了校验过程, 计算结果显示: 比对结果通过校验方法要求。

关键词:差压法; 生化需氧量; 校验方法; 过程

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0100-02

OxiTop 测试系统, 是由德国 WTW 公司采用无汞差压法研发, 采用电磁搅拌, 依据自我检验 Self-Checking 方法, 利用呼吸法测试生化需氧量 (BOD₅)。

1 技术要求

外观: ①新制造仪器外壳应光洁、平整、色泽均匀、无划伤、脱落、凹陷、污蚀。②面板上文字、符号、标志应端正、清晰。③接插件、开关、旋钮接触良好, 机械连接部分紧密牢固;

浓度测量范围: 0~4000mg/L;

仪器的检测限: 1mg/L;

仪器的重复性: 用 BOD₅ 标准溶液, 在同一条件下, 平行测定 10 次, 其变异系数不大于 5%;

仪器的示值误差: 选用规定浓度范围的相应标准物质进行校验, 仪器的示值误差限为 ±5%;

精密度 (相对标准偏差): ≤5%。

2 校验条件

2.1 校验用设备和器材

电子交流稳压器, 0.5kW 以上; 容量瓶; 分度吸管、单标线吸管均为 A 级。

2.2 校验环境条件 (实验室的要求和工作条件)

实验室应清洁、并装有良好的排风装置; 校验所用的玻璃器皿使用前均需经 1+1 盐酸浸泡 24h 以上, 并用去离子水清洗干净; 供电电压为 220 ± 22V; 环境温度为 20 ± 5℃; 相对湿度不大于 80%; 仪器背面距墙壁距离不小于 15cm, 仪器不能受阳光直射。

3 校验项目

(1) 外观检查: 按外观要求逐一检查。

(2) 重复性校验: 按照仪器操作规程对浓度为 250mg/L 的 BOD₅ 标准溶液平行测定 10 次, 测得浓度值为 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{10}$ 并按项中公式进行计

算。要求: 变异系数 $C.V$ 不大于 5%。

$$C.V = \frac{\sigma_{wb}}{\bar{y}_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中 $C.V$ ——变异系数;

σ_{wb} ——标准偏差;

\bar{y}_i ——测量值的平均值。

(3) 示值误差: 测量浓度为 250mg/L 的 BOD₅ 标准溶液, 重复测量 10 次, 取其算术平均值作为仪器的测量值, 按 (1) 式计算仪器的示值误差 δ , 结果应符合变异系数不大于 5% 的要求。

$$\delta = \frac{\bar{C} - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中: \bar{C} ——仪器 10 次测量值的平均值, mg/L;

C_s ——BOD₅ 标准物质的标准值, mg/L。

(4) 精密度 (相对标准偏差): 按照仪器操作规程对浓度为 108mg/L 的 BOD 标准溶液平行测定 6 次, 测得浓度值为 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_6$ 并按项中公式进行计算。

$$RSD = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: S ——标准偏差;

\bar{X} ——仪器 6 次测量值的平均值, mg/L。

4 校验过程

表 1 BOD₅ 溶液取样体积及对应系数一览表

| 样品体积/ml | 测试量程/mg · L ⁻¹ | 系数 |
|---------|---------------------------|-----|
| 432 | 0~40 | 1 |
| 365 | 0~80 | 2 |
| 250 | 0~200 | 5 |
| 164 | 0~400 | 10 |
| 97 | 0~800 | 20 |
| 43.5 | 0~2000 | 50 |
| 22.7 | 0~4000 | 100 |

注: BOD₅ 的浓度 = 仪器显示数字 × 系数, 单位 mg/L。

(1) 外观及常规检查：完好。

(2) 自行配制浓度为 250mg/L 的 BOD₅ 标准溶液，校验仪器的重复性和示值误差。

将浓度为 250mg/L 的 BOD₅ 标准溶液缓慢注入 164ml 的溢流杯中，再将溢流杯中的溶液缓慢注入到棕色瓶中，加入少许稀释接种水，把电磁搅拌子放入棕色瓶中，将橡胶套装到瓶颈上，用镊子往橡胶套中加入 2 粒 NaOH 药丸（注：药丸不能掉到样品中），旋紧瓶盖，共取样 10 瓶，把装好的 10 瓶整套仪器一起放入培养箱中，在 20℃ 条件下放置 5d。5d 后将仪器读数乘以系数得到 BOD₅ 的值，根据公式 (1) 和公式 (2) 校验仪器的重复性和示值误差。

(3) 用浓度为 108mg/L 的 BOD₅ 标样（四支）校验仪器的精密度。

从 BOD₅ 标样中准确吸取 10ml 定容至 250ml，缓慢注入到棕色瓶中，加入少许稀释接种水，把电磁搅拌子放入棕色瓶中，将橡胶套装到瓶颈上，用镊子往橡胶套中加入 2 粒 NaOH 药丸（注：药丸不能掉到样品中），旋紧瓶盖，共取样 6 瓶，把装好的 6 瓶整套仪器一起放入培养箱中，在 20℃ 条件下放置 5d。5d 后将仪器读数乘以系数得到 BOD₅ 的值，根据公式 (3) 校验仪器的精密度。

5 结论

比对结果通过校验方法要求。

表 2 浓度为 250mg/L 的 BOD₅ 标准溶液测试 5d 后仪器显示结果

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-------|
| 5d 后仪器读数 | 25 | 25 | 25 | 23 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 | 25 | 均值 | 示值误差/% | 重复性/% |
| BOD ₅ 值/mg · L ⁻¹ | 250 | 250 | 250 | 230 | 240 | 240 | 250 | 240 | 240 | 250 | 244 | -2.40 | 2.80 |

表 3 浓度为 108mg/L 的 BOD₅ 标样测试 5d 后仪器显示结果

| | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 5d 后仪器读数 | 22 | 24 | 21 | 23 | 23 | 22 | 均值 | 精密度/% |
| BOD ₅ 值/mg · L ⁻¹ | 110 | 120 | 105 | 115 | 115 | 110 | 112 | 4.66 |

参考文献：

北京：中国环境科学出版社，2002。

[1] 国家环保局. 水和废水分析方法（第四版. 增补版）[M].

Verification Method and Process for Testing Chemical Oxygen Demand by Differential Pressure Method

CHEN Jing - juan

(Wuhua District Environmental Monitoring Station of Kunming Municipality, Kunming Yunnan 650031 China)

Abstract: This paper introduces the technical requirements, verification conditions and items for verifying the tested Chemical Oxygen Demand by differential pressure method. The verification process is explained based on the testing data. The calculation shows that the results meet the requirements of verification.

Key words: differential pressure method; Chemical Oxygen Demand; verification method; process

低频噪声监测过程中有关问题探讨

毕 勇

(葫芦岛市环境监测中心站, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 主要对低频噪声监测过程中遇到的一些问题进行了一些探讨, 并相应提出了有关问题的看法和建议。

关键词: 低频噪声; 监测; 标准; 建议

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0102-02

《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》于2008年10月1日至今已实施三年, 该标准首次对于结构传播固定设备室内噪声排放限值做了具体的规定, 并对测量方法做了简要的规定。但随着低频噪声污染案例的增加, 近年来, 在一些低频噪声纠纷监测过程中遇到了很多实际问题。

1 空气传声的低频噪声监测

低频噪音按传播途径主要分为结构传声、空气传声及驻波, 空气传声是指低频噪音通过空气直接传播到小区住家户。《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》对于结构传播固定设备室内噪声排放限值做了具体的规定, 而对于空气传声的低频噪声并没有提及。

如图1: 某1类小区变压器房位于某栋居民楼前, 有群众反映持续不断的变压器散热系统发出的“嗡嗡声”让其难以忍受。经过布点监测, 在变压器房外1m和居民楼前1m分别测得噪声值为44.7dB和41.8dB, 如果单纯依据标准1类小区夜间标准限值为45, 则判定此变压器房的噪声并不超标。但是经过监测人员的实地考察, 发现与其相临的投诉人卧室确实能够感受到这种“嗡嗡声”。在排除了无其他噪声源干扰的情况下在卧室内设点开窗监测其倍频带声压级得到监测值如表1所示。

表1 室内噪声倍频带声压级监测值

| | | 中心频率/Hz | | | | |
|----|----------|---------|------|------|------|------|
| | | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 |
| 夜间 | 监测值 (dB) | 33.1 | 37.3 | 40.9 | 48.9 | 33.1 |
| | 标准值 (dB) | 69 | 51 | 39 | 30 | 24 |

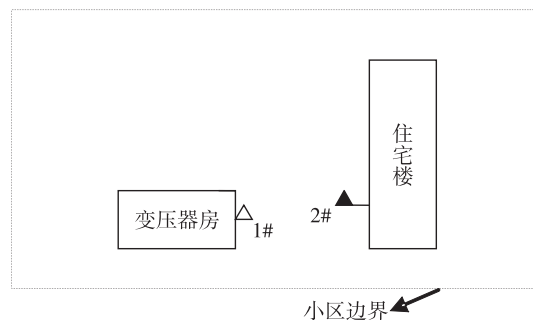


图1 监测点位示意图

由表1可以看出, 其监测值在中心频率为125、250、500Hz时, 其声压级都超过了固体传声的室内噪声倍频带声压级。由此建议对于此类空气传声的低频噪声污染, 参照固体传声的室内噪声倍频带声压级标准来执行并且要保证A声级和低频频谱各声段声级同时达标。而且在卧室内设点要保证无其他噪声源干扰的情况下开窗监测其倍频带声压级, 以更好地反映噪声污染的真实影响状况。

2 背景噪声干扰问题

《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》对于结构传播固定设备室内噪声测量并没有规定背景噪声问题。但是实际监测过程中, 可以发现标准“5.3.3.4……被测房间内的其他可能干扰测量的声源(如电视机、空调机、排气扇以及镇流器较响的日光灯、运转时出声的时钟等)应关闭。”并不能完全消除掉室内倍频带声压级测量的背景噪声干扰问题, 还有诸如室外交通噪声干扰, 其他室内电器干扰、室外风声干扰等等。因此, 建议原标准中当测量值超过标准限值时, 应测量背景噪声进行修正。由于标准对结构传声的低频噪声各频段声压级都有标准限值, 因此, 在低频噪声测量时, 如果有一个或多个频段声压级测量值超标时, 应测量每一频段的背景噪声, 并对

收稿日期: 2011-12-20

作者简介: 毕勇, 男, 辽宁省葫芦岛市人, 大学本科, 高级工程师。

每一频段的噪声进行修正。

3 声级计校准

《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》中对 A 声级的校准作了具体的规定。但实际监测过程中, A 声级的校准源的中心频率一般为 1000Hz, 而对于低频段的频谱测量时中心频率为 31.6 ~ 100Hz, 由于 A 计权的频率特性曲线是对噪声的低频段和高频段大幅度衰减, 对中频段没有衰减。因此, 用 A 声级对低频噪声测量时, 低频噪声的声级都已大幅度地被衰减了。如果仅仅单纯地对一个频段 (1000Hz) 进行校准进行规范, 很难保证低频段数据的准确性不出现问题。因此建议原标准在进行低频噪声测量前, 对于低频段噪声的校准也应有具体的规定, 至少保证其校准源频率有一个点频率在低频段。这样才能更好地保证低频监测数据的准确性。

4 现场调查的必要性

低频噪声测量现场一般比较复杂, 噪声源难以确定。因此, 在测量前和测量过程中要做好详细的现场调查。弄清可疑声源的种类、数量、传播途径、运行规律、投诉人的感受、影响范围、房间的结构、周边的环境等。从而根据现场调查结果, 制定周密的监测计划, 包括监测的点位、项目、时段、频次、人员、仪器等。对于声源不能判定、声源不能停止等特殊情况下, 要制定更加详细的计划, 从而判断出投诉与声源是否存在对应关系。

5 客观分析监测结果

(1) 震动与低频噪声同样可以引起人的精神和生理上的不适, 因此当出现上述现象时, 应考虑在投诉房间进行震动的垂直和水平方向的测量。

(2) 每个人对低频噪声的反映有所不同, 存在着显著的个体差异。因此当出现上述现象时, 应考虑投诉人的自身问题 (如耳鸣等)。

6 A 声级的局限性

《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》中的测量方法都是用声级计的 A 声级来测量和评价环境噪声。但是在环境监测中, 噪声监测对于混合声的检测往往不能表现出低频的影响。实践中, 我们经常遇到监测值达标, 但是人身感受还是影响很大。由经验及研究得知, 主要是由于 A 声级的频率特性曲线是对噪声的低频段和高频段大幅度衰减, 对中频段没有衰减。因此, 用 A 声级对低频噪声测量时, 低频噪声的声级都已大幅度被衰减了, 低频声在检测过程中未强烈表现出来, 被检测仪器忽略。而 C 计权声级是模拟高强度噪声的频率特性, 对人耳可听范围内的低频段和高频段给予较小的衰减, 其他部位保持平直, 在对噪声低频成分的衰减程度中, A 衰减最多, C 最少。而且 C 计权接近于仪器不加计权的线性档, 测出的声级接近总声级。所以采用线性档或用 C 声级档来测量, 更能真实客观地反映出低频噪声的存在。由此建议对于低频噪声的测量, 再次修改标准时, 可否考虑用 C 声级来监测和评价。

7 结语

低频噪声的监测工作是解决低频噪声纠纷的重要科学依据, 而指导其工作的《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》只简要地提出了低频噪声的测量方法和标准限值, 已让实际监测过程中的很多问题无所遵循, 无法可依。因此, 建议两标准再次修订时, 应充分考虑上述几方面的内容, 从而使其更加完善, 更加科学。

参考文献:

- [1] GB12348-2008, 工业企业厂界噪声标准 [S].
- [2] GB22337-2008, 社会生活环境噪声排放标准 [S].
- [4] 《环境监测技术规范》(噪声部分)-1986 [S].
- [2] 毕勇. 工业企业厂界噪声监测过程中有关问题探讨 [J]. 中国环境监测, 2007, 23 (4).

A Discussion on Problems of Low Frequency Noise Monitoring

BI Yong

(Huludao Municipal Environmental Monitoring Station, Huludao Liaoning 125000 China)

Abstract: This paper mainly discusses about the problems of the low-frequency noise monitoring and puts forward suggestions for the improvement.

Key words: low-frequency noise; monitoring; standard; suggestion

环境监测质量控制结果的几种评价方法探讨

夏新¹, 马芳²

(1. 中国环境监测总站, 北京 100012; 2. 北京科技大学, 北京 100083)

摘要:从数理统计方法的角度出发, 针对当前环境监测工作中常用的标准样品测定、比对监测和校准曲线等, 探讨了质量控制数据的常用评价方法, 为正确、客观评价质量控制水平提供必要的技术参考, 使环境监测质量控制结论更加合理。

关键词:数理统计; 环境监测; 质量控制; 评价方法

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0104-04

质量控制是监控环境监测质量的重要手段, 无论是分析工作者在工作中的自控, 还是上级机构或本单位质量管理部门对其实施的外控, 也无论采取什么样的控制措施, 都需要根据质量控制数据对监测质量进行评价。通过正确、合理的数据处理和评价方法, 对监测质量给予客观的评价结论, 是质量控制工作的重要环节。采取了质量控制措施, 而不对质量控制数据进行评定, 或采取了不正确的评定方式, 就会使质量控制活动失去意义。监测质量的评价标准依质量控制目标不同而变化, 判定中应注意质量控制水平的把握, 同一组数据在不同的质量控制水平下, 判定结果可能不同。目前环境监测中习惯于采用统一的监测质量评价标准, 这一点在实际工作中值得注意。

本文根据多年质量管理工作经验, 从数理统计方法的角度出发, 针对当前环境监测工作中常用的质量控制措施, 探讨了质量控制数据的常用处理和评价方法, 旨在为广大环境监测人员和质量管理人员提供必要的技术参考, 使环境监测质量控制结论更加合理。本文仅对各种质量控制措施可以采取的统计方法进行介绍, 而不对成熟的数理统计知识和具体的统计计算进行讨论和举例。

1 标准样品测定结果的评价

1.1 测定值与标准样品标准值比较

将单次测定值或多次平行测定的平均值 (\bar{x}) (统称测定值) 与标准样品标准值 (A) 进行比较, 是一种通过数理统计方法进行结果判定的方式。通

过 t 检验法来判定测定值与 A 值之间是否有显著性差异, 进而判定测定是否为有效测定。由于 t 检验法的判定限值 ($t_{\alpha, f}$) 与显著性水平 (α) 和测定次数 (n) 相关, 因此, 这种判定方法实际上是不同质量控制水平下的评价。根据标准样品标准值不确定度 (u) 的大小, 分为两种情况。

方法 1: 当 u 大于实际测定值的不确定度 ($t_{\alpha, f}/\sqrt{n}$) 时, 采用 (1) 式进行结果评价, 若放宽评价标准可采用 (2) 式; 满足不等式的测定为合格测定。

$$|\bar{x} - A| \leq [u^2 + (t_{\alpha, f} s / \sqrt{n})^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$|\bar{x} - A| \leq u + t_{\alpha, f} s / \sqrt{n} \quad (2)$$

例如, 某实验室测定标样值为 $0.130 \pm 0.010 \text{mg/L}$ 的标准样品, 测定结果分别为 0.131mg/L 、 0.135mg/L 、 0.130mg/L 、 0.132mg/L 、 0.134mg/L 和 0.132mg/L , 平均值为 0.132mg/L , 标准偏差为 0.00187mg/L 。由于 $t_{0.05, 5} s / \sqrt{n} = 2.57 \times 0.00187 / \sqrt{6} = 0.00196 \text{mg/L} < 0.010 \text{mg/L}$, 且 $|\bar{x} - A| = 0.0025 \leq [u^2 + (t_{0.05, 5} s / \sqrt{n})^2]^{1/2} = 0.0454$, 所以, 在 $\alpha = 0.05$ 时, 测定为有效测定。

方法 2: 当 u 远小于 $t_{\alpha, f} s / \sqrt{n}$ 时, u 可以忽略不计, 则满足 (3) 式时, 测定为有效测定。

$$|\bar{x} - A| \leq t_{\alpha, f} s / \sqrt{n} \quad (3)$$

《环境监测分析方法标准制修订技术导则》(HJ/T 168-2010) 中规定, 方法精密度验证时, 平行测定次数为 6 次; 在常规监测中, 平行测定次数通常为 2 或 3 次; 一般选择 $\alpha = 0.05$ 或 $\alpha = 0.01$ 。这几种常见情况下的判定限值见表 1。由此可见, 不同显著性水平和测定次数时, 判定限值有明显不同, 亦即对测定数据的精密度要求不同。

收稿日期: 2011-11-18

基金项目: 环保公益性行业科研专项项目 (项目编号: 200809140)。

作者简介: 夏新 (1963-), 女, 汉, 辽宁人, 博士, 研究员, 从事环境监测工作。

表1 不同显著性水平和测定次数下的t检验法判定限值

| n | $t_{\alpha, f}$ | $\frac{ \bar{x}-A }{s}$ 限值 | $t_{\alpha, f}$ | $\frac{ \bar{x}-A }{s}$ 限值 |
|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 2 | $t_{0.05, 1} = 12.71$ | ≤ 8.98 | $t_{0.01, 1} = 63.66$ | ≤ 45.01 |
| 3 | $t_{0.05, 2} = 4.30$ | ≤ 2.48 | $t_{0.01, 2} = 9.93$ | ≤ 5.73 |
| 6 | $t_{0.05, 5} = 2.57$ | ≤ 1.05 | $t_{0.01, 5} = 4.03$ | ≤ 1.65 |

1.2 测定值与标准样品定值结果比较

标准值代表真值的目前最佳估计值,标准值偏离真值不应超过测定不确定度。《标准样品工作导则(3)标准样品定值的一般原则和统计方法》(GB/T 15000.3-1994)中指出,标准样品定值结果的表示方法有3种:由标准值和置信区间表示;由标准值和统计容许区间表示;由标准值和标准偏差表示。

目前,我国环境标准样品多采用多家实验室协作试验的方式定值,总不确定度为合成标准不确定度乘以包含因子 k ; k 值的选择主要考虑置信水平和预期用途等因素,例如,当置信水平为95%时, $k=2$;置信水平为99%时, $k=3$ 。标准样品证书中标示的不确定度一般为 $k=2$ 的扩展不确定度,

即对置信水平已经进行了约定。在实际质量管理或质控考核工作中,用户可以根据实际技术能力、监测结果的准确度要求以及质量管理和考核工作的目的,对标准样品的不确定度进行适当调整。

将测定值与标准样品的定值结果进行比较,即直接考察测定结果是否在标准样品的允许值范围内,在允许范围内的测定判定为合格测定,这是现在环境监测工作中最常用的评价方法。这种方法简便,不需要数理统计分析计算,但是,若对标准样品不确定度含义不理解,也不进行具体分析,很容易形成盲目使用、过于依赖定值结果的习惯,误将定值结果作为质量控制目标。

本文在此举例说明1.1节和本节评价方法和质量控制目标对评价结果的影响。在表2中列出了某实验室对同一标准样品的3次测定结果,每次测定都做了3次平行测试。①将测定结果与标准样品定值结果直接比较,则只有第二组为有效测试。②按照1.1中评价方法, $\alpha=0.05$ 时,第二组和第三组为有效测试,0.01时,第二组为有效测试。由此可见,质量控制结果的评价与质量控制目标和评价方法密切相关。

表2 标准样品测定数据及结果评价

(mg/L)

| 序号 | 标准值 | 测定值 | 平均值 | 标准偏差 | 1.2节直接法评价 | 1.1节 $\alpha=0.05$ t检验法评价 | 1.1节 $\alpha=0.01$ t检验法评价 | | |
|----|-----------------|--------|--------|--------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----|-----|
| 1 | | 0.0430 | 0.0400 | 0.0430 | 0.0420 | 0.00173 | 不合格 | 不合格 | 不合格 |
| 2 | 0.0593 ± 0.0042 | 0.0610 | 0.0580 | 0.0590 | 0.0593 | 0.00153 | 合格 | 合格 | 合格 |
| 3 | | 0.0660 | 0.0630 | 0.0690 | 0.0660 | 0.00300 | 不合格 | 合格 | 不合格 |

2 比对监测结果的评价

比对监测有多种形式,包括实验室比对、人员比对和方法比对等。比对监测的样品多以实际样品为主,此时,由于不知道样品的真值,所以,结果的评价只能依赖合理的评价方法。

2.1 两者比对

2.1.1 以比对双方之一为质量控制标准

在上一级监测站和下一级监测站之间、经典和成熟的监测方法与新方法之间、技术精湛者与新员工之间的比对监测中,常以上一级监测站、经典方法和技术精湛者为质量控制的评价标准,即以一方的测定结果为标准,另一方的测定结果与之比较,一般考察相对偏差的大小。这种方法在目前实际工作中很常用。采用该方法时,应注意相对偏差限值的合理性,在关注浓度水平、平行测定次数和置信水平的同时,还要注意平行测定的精密度情况,不

宜仅看相对偏差的大小。相对偏差限值可以来源于长期工作经验,也可以来源于理论推导,但应具有足够的说服力。

2.1.2 比对双方均不作为质量控制标准

在交界断面的两地监测站之间、监测仪器之间和监测人员之间进行比对时,有时不便或不能轻易确定两者中谁的测定更准确,此时,可以通过考察两者的平均值之间是否存在显著性差异,以给出比对结论的有效性。如果两者间有差异,则两者都需要查找原因,重新分析。

(1)若两组比对监测数据的方差没有显著性差异,将两组数据合在一起求得合并的标准偏差($S_{\text{平均}}$),用两组平均值($X_{i, \text{平均}}$ 和 $X_{j, \text{平均}}$)和 $S_{\text{平均}}$ 计算统计量 t ,用 t 检验法考察两组均值之间是否存在显著性差异。

(2)采用对子分析的方法进行评价。对子分

析是 t 检验的一种, 要求比对双方对同一样品进行次数相同的测定, 通过计算配对数值之间的差值、差值的平均值、差值的标准偏差和 t 值, 比较计算 t 值与 t 分布表中数值, 前者小于后者时, 认为两者无显著性差异。

(3) 采用极差法进行评价。计算两者平均值的差值与两者极差的和的比值, 通过与临界值 M 相比来检验其显著性。

2.2 多者比对

把同一样品送到几个实验室进行测定, 或者为了检查样品的均匀性取几批样品进行测定, 或对同一样品重复多次测定, 例如标准样品定值、质控考核和能力验证等, 此时都会遇到处理多个平均值的问题。

根据《利用实验室间比对的能力验证》(GB/T 15483), 试样的均匀性检验方法主要有: 方差分析法、不均匀性标差法、 t 检验法、极差检验法和平均值一致检验法。这些方法都可以应用到环境监测质量控制的实际工作中。能力验证和质控考核时, 若参与的实验室数目较多, 可采用稳健 Z 比分数法。

3 低含量样品测定结果的评价

在空白值高而不稳时, 如果样品中待测含量低, 与空白值比较接近, 则会出现对样品测定结果不确定的情况。此时, 可以通过 t 检验法对空白平均值和样品测定平均值之间的差异性进行判定, 以得出较好的结论。

4 校准曲线的质量控制

环境监测中常常采用间接法实施测定, 因此, 绘制校准曲线成为监测工作中不可缺少的一项工作。保证校准曲线的质量成为测定结果准确性的主要保障。下面是几种常见的、保证校准曲线质量的有效措施。

4.1 曲线点及其测定次数的影响

为使校准曲线 ($y = a + bx$) 稳定、可靠、精度高, 自变量的取值应尽可能分散, 且其取值范围尽可能宽; 测定次数尽可能多; 在各点测定次数有限的情况下, 对最低点和最高点做重复测定, 取平均值作图。

4.2 回归方程的检验

校准曲线回归的相关系数表示变量 y 与 x 相关性相关的密切程度, 是衡量回归效果的一个标准。相关系数法可以检验两变量的相关关系, 若相关系数大于给定显著水平下的起码值 (查相关系数检

验表), 即表示两变量之间是显著相关的, 回归直线才有意义。相关关系还可以用残余方差对回归方差做 F 检验 (即方差检验) 来实现。

在环境监测实际工作中, 常常用相关系数来观察相关性的好坏。一般工作曲线为 6 个数据点, 在 $\alpha = 0.01$ 时, 若相关系数 > 0.92 , 两变量即显著相关。不同环境监测方法的相关系数质量控制水平差异较大, 其与 α 相关。

4.3 回归方程拟合的检验

用方差检验做出“回归方程显著”的判断, 只表明相对于其它因素及实验误差来说, 因素 x 对 y 的线性影响是主要的, 但并不能确定是否还有其它不可忽略的因素, 也不能说明这个回归方程是否拟合得很好。同样, 用相关系数法判断出“回归方程显著”时, 方程拟合也不一定好。因此, 除回归方程检验外, 还应进行方程拟合检验。在当前的环境监测实际工作中, 较少实行拟合检验。

检验回归方程拟合得好坏, 需要做重复实验; 通过误差差方和对失拟差方和进行 F 检验, 来确定拟合优度。

4.4 可疑值检验

采用标准化残差法可以检验校准曲线中各点数据是否可疑, 是否需要剔除。采用 t 化残差法也可检验曲线中的异常点。由于标准化残差不服从通常的 t 分布, 不便由 t 界值表作出统计检验, 而需另外制定标准化残差临界值表。因而, t 检验弥补了标准化残差的不足。

4.5 两条回归直线的比较

不同的分析人员即使采用相同的方法分析相同的标准系列, 所得的回归直线也并不重合, 若两条回归直线之间无显著性差异, 可以将两条回归直线合并为一条, 使曲线更稳定, 测定结果更可靠。具体步骤为: ①用 F 检验两条回归线的方差, 若无显著性差异, 计算合并方差 S ; ②用 t 检验法检验两条回归直线的斜率, 若无显著性差异, 用加权法求出共同的 b 值; ③用 t 检验法检验两条回归直线的截距, 若无显著性差异, 用加权法求出共同的 a 值; ④得出一个共同的回归方程和一条共同的回归直线。

5 结论

环境监测质量控制是保证监测数据质量的必要措施, 质量控制结果的正确评价具有重要意义。标准样品测定和比对监测是环境监测中最常使用的质量控制手段, 根据恰当的统计方法可以实施合理的

评价。低浓度样品测定结果的检验,有利于结果的合理报出。多种控制措施和检验方法有利于保证校准曲线的准确性。

参考文献:

[1] 蒋子刚. 分析检验的质量保证和计量认证 [M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1998.

[2] 郑用熙. 分析化学中的数理统计方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1986.

[3] 郭亚东, 沈园. 质量控制考核方法及结果评价在实验室中的应用 [J]. 中国卫生工程学, 2009, 8 (4).

[4] 理化残差用于校准曲线中异常点的判别 [J]. 中国公共卫生, 1995, 12 (4).

A Discussion on the Evaluation Methods of Quality Control Results in Environmental Monitoring

XIA Xin¹, MA Fang²

(1. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012 China)

Abstract: The evaluation methods of quality control results are discussed in this paper on the basis of the methods of mathematical statistics and from the view of standard sample determination, alignment monitoring and calibration curve commonly used in environmental monitoring. It is aimed to provide the necessary technical references for the evaluation of quality control results and make the quality control results in environmental monitoring more reasonable.

Key words: environmental monitoring; quality control; evaluation methods

《环境科学导刊》 征稿简则

《环境科学导刊》, 投稿及联系邮箱: ynhjxk@yies.org.cn; 电话 (传真): 0871-4142389; 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

LIMS 系统在环境监测实验室质量管理中的应用

陆锦标

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

摘要: 分析了实验室质量管理体系运作过程中遇到的主要问题, 对 LIMS 系统在环境监测实验室质量管理中的作用进行了阐述。

关键词: LIMS 系统; 实验室; 质量管理; 应用

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0108-03

近年来, 启东市作为江苏沿海、沿江开发的前沿地区, 经济快速发展的同时, 监测工作业务量迅速增长, 实验室认可要求实验室按照 ISO/IEC 17025 准则建立运作管理体系, 环境监测站面临工作量增加和管理要求提高的双重压力。实验室信息管理系统建设是提高工作效率, 提高实验室质量管理水平, 保障实验室运作符合 ISO/IEC17025 准则要求的重要措施。

1 实验室质量管理体系运作过程中遇到的主要问题

启东市环境监测站 2003 年通过国家实验室认可委认可, 按照 ISO/IEC 17025 准则, 建立了较为完整的质量管理体系。但是在实施过程中也遇到了一些问题, 主要表现在以下几个方面:

(1) 按照 ISO/IEC 17025 准则建立的质量管理体系, 其先进的管理体系、管理模式在实施过程中总会遇到各种阻力^[1]。实现质量管理体系的预期效果, 主要依靠行政管理的方式推动, 但这种人治的方式, 使实验室管理体系运作过程中总是受到人为因素的干扰, 给实验室管理体系运作带来了严重的差异性、随意性。

(2) 按照 17025 准则建立起来的管理体系, 质量管理活动在提高监测质量的同时, 也占用相当多的资源。日常监测工作业务量大, 人员短缺, 而质量管理体系运作产生大量重复性的工作, 例如为证实管理体系运作有效性必须提供的质量记录、技术记录、评审记录。实验室管理者疲于应付, 难于了解并改进整个实验室的运作情况。

(3) 过程控制能力差, 质量审核普遍为“结果”控制。由于岗位职责安排等多方面因素, 监测过程控制、追踪、溯源涉及人员众多, 监督检查

难度大, 效率低。难以消除遇评审时要花费较多的人力对管理体系运作过程欠缺和疏漏作大量补充的管理漏洞。

(4) 环境质量与污染源在线监测仪器广泛应用, 监测数据快速增加, 大量监测数据需实时采集、快速发布, 要求实验室质量管理、数据审核由静态管理向动态管理发展, 迫使实验室改变手工采集、人工审核的状态。

2 LIMS 系统在环境监测实验室质量管理中的作用

实验室认可中质量管理体系包括体系运行结构和资源控制要素^[2], 与此相对应, 根据启东市环境监测站质量管理体系和业务需求的实际情况, 启东市环境监测站 LIMS 系统在质量管理中功能主要分成二个功能: 体系运行管理、资源管理^[2]。

2.1 体系运行管理

体系运行管理主要包括业务流程管理、质量控制管理、文件记录管理三个方面。

2.1.1 业务流程管理

业务流程管理是 LIMS 系统最具有核心功能的子系统, 主要包括业务受理、监测计划编制和审批、现场采样、样品登记和样品管理 (包括留样再测样品的处理、样品前处理)、分析工作任务分配、检测过程管理、监测结果登记、监测结果审核、报告编制、报告审批、报告打印/发送、业务归档的监测全过程。在该子系统运行过程中, 实验室的检测任务一目了然, 实验室各级管理人员、质量监督人员能实时掌握任何一个监测任务的进展情况, 了解每个检测人员目前的工作状态, 了解监测所涉及的监测仪器、试剂、环境条件等信息, 能及时识别监测工作中出现的潜在不符合和不符合项, 并对不符合的严重程度进行识别, 采取预防和纠正措施, 极大地提高了不符合项的发现和采取应对措施。

施的时效性,提高了质量管理的效率,过程控制能力明显得到了提高。报告管理实现检测报告的自动拟稿和审核、批准、打印、发放、归档等管理。自动拟稿操作,按照报告模板格式,引用系统中相关信息,自动生成检测报告初稿,减少了重复劳动和差错率。报告由经过授权的人员三级审核实现对检测报告质量的有效控制,报告经授权签字人批准之后,内容和格式即被锁定,只有经过批准的检测报告,系统才允许打印。报告打印、发放之后,系统自动将报告所涉及的监测全过程的所有信息归档。归档之后,系统记录并锁定检测过程中全部信息,被锁定的信息只能查询,不能修改,以满足 ISO/IEC 17025 准则对记录可追溯性要求。

2.1.2 质量控制管理

质量控制管理功能包括:内部审核管理,管理评审管理,外部审核管理,质控管理,测量不确定度管理,不符合项管理,纠正/预防措施管理,投诉抱怨管理,能力验证管理。实验室内部审核、管理评审、实验室认可评审的相关评审资料可以输入系统,质量管理人员可以通过 LIMS 系统实时检查、监督不符合项、纠正措施实施进度,并对相应不符合项的原因分析、纠正措施、效果验证情况进行记录,使得整个数据具有可溯源性。质控管理主要通过将年度质控计划相关资料输入系统,按照质控计划要求,自动提示质控措施实施,并形成相应的记录,质量管理人员通过系统监督质控措施,根据记录完成质控有效性报告。LIMS 系统可以自动根据质量管理需求制作质控图,应用质控图这一重要技术工具,能及时发现分析误差的异常变化或变化趋势。LIMS 系统分类保存各实验室的不确定度报告,可按实验室、报告题目等分类查询测量不确定度报告管理系统,对整个检测结果的误差范围进行合理分析和有效管理。出现客户投诉时,投诉记录自动存入系统,便于年终对这方面工作的总结。

2.1.3 文件记录管理

体系文件管理,实现质量手册、程序文件、作业指导书等三层体系文件的管理功能,文件分类可按树形结构展开,管理功能包括:添加、修订、删除和查看。系统支持体系文件目录查询和文件内容在线查看功能。LIMS 系统对体系文件的管理,有效地实现了体系文件的受控管理,按照经批准并由系统设定发放范围发放,有查阅权限的人员可通过系统查阅体系文件,有效防止了作废的体系文件被误用。对外部文件(标准、规范) LIMS 系统通过

清单管理形式,由档案管理人员及时更新清单,实现文件受控管理。

2.2 检测资源管理

2.2.1 人员管理

建立监测人员档案库,包括技术档案和健康档案。建立人员档案卡,全面记录监测人员的变动情况、工作经历、违纪情况、嘉奖情况、资质情况、培训情况、考核结果等记录信息和定期健康检查、意外事故记录等情况的记录信息。在工作任务分配时,系统自动检索监测人员资质,包括持证上岗资质、特殊岗位操作资质、专业设备和大型仪器使用资质,符合资质要求的人员才能分配工作任务,否则系统将阻止分配工作任务。

2.2.2 仪器设备管理

LIMS 系统可以实现仪器设备台帐管理、溯源管理、设备在线管理。设备台帐管理储存仪器设备的全部信息资料(包括设备的购置申请、调研论证、接收、安装、调试、培训、验收、授权等前期信息和后期的仪器名称、编号、类型、型号、生产厂家、量程范围、分辨率、检定周期、投入使用日期、下次检定日期以及使用记录、仪器维修和保养记录、改型/改装记录以及验收记录、使用年限、设备状态、价格到报废等一系列信息资料),提供日常维护/检查规程和检定方法等。建立仪器一览表,并在一览表中用不同的颜色表示仪器的不同状态,对限用或停用的设备, LIMS 系统自动锁定,产生的数据将不能通过审核。

测量设备溯源管理功能根据实验室管理要求和业务情况,利用 LIMS 系统不断更新信息,自动生成本年度的设备溯源计划^[3]。实现计量/校准、期间核查记录自动登记。在设定的提前提醒天数内,自动显示此天数以内需要溯源的仪器。未及时完成检定、校准或期间核查的设备,系统能提醒限制设备的应用。设备经检定、校准、核查产生的校准因子输入系统后,系统会自动提醒使用校正因子参加计算。

测量设备在线管理通过网络技术、电参数测量和通信技术应用于 LIMS 中,实现实时在线掌握设备的工作状态,并实现仪器使用权限控制。通过数据平台的应用,利用网络通信技术,自动采集监测设备的测量数据。数据平台技术极大地提高了实验室自动化水平,特别对自动监测仪器等大量产生监测数据的设备而言,极大地提高了工作效率,减少了人工干预,确保了监测数据的真实性、时效性。

2.2.3 试剂耗材管理

试剂耗材管理包括采购登记、验证、使用登记、库存查询、统计功能。采购登记信息包括物品材料名称、采购数量、单价、有效期、供应商、采购日期等信息；验证由有权限的人员发起，合格的试剂、标准物质，其名称、批号等信息录入系统。对提供不合格标准或试剂的供应商重新评估，并在系统内供应商名录中作出警告标志。系统能直接根据使用量计算出剩余量，当剩余量低于设定的限值时，能自动提醒申购。当一个标准物质或试剂过期时，系统能自动提示。

2.2.4 标准方法管理

LIMS系统可以实现标准方法的目录、电子文档管理和标准方法的简单跟踪管理功能，系统支持标准方法目录查询和电子文档在线查看功能，跟踪标准方法近期修订情况。检测方法的全部资料确认后录入系统，方便查询、追溯，确保监测人员得到现行有效的方法标准，避免了失效方法标准被误用。

2.2.5 环境设施管理

自动采集系统自动记录实验室环境以及相关设备的温、湿度等情况，让实验室工作人员从烦琐的手工记录数据中解脱出来，提高工作效率。自动提示报警功能可以在用户登录系统时获得异常情况的自动提示，配合使用短信通系统可以保证用户及时掌握异常情况，根据所设定的报警上下限，自动生成报警记录，报警信息通过短信发给相应人员，及时通知责任人，对超出范围的设施进行有效的

控制。

2.2.6 样品管理

实验室中检测样品往往牵涉多个部门，样品的交接频繁，容易漏接错接，管理难度大。LIMS样品条码管理系统是以样品管理为核心，针对从收样→分样→样品交接→留样→样品处理整个样品流转过程，运用条码技术实现样品的信息化高效管理，自助查询和自动保存样品信息，达到了实验室样品管理自动化、规范化的目的。通过样品保存期限控制，过期样品分析数据被锁定，系统阻止生成报告，达到自动实现质量控制的目的。对有特殊要求如消解处理、留样再测的样品，能详细记录时间、使用设备、消解条件、效果评价等情况。

3 结语

LIMS系统高效有序地运行可以有效地实施质量保证和质量控制流程，让不同岗位的人员在各自的授权范围内分享信息资源，质量管理人员过程控制能力明显得到提高，确保了管理体系程序化运作。LIMS技术的应用，极大地提高了实验室质量管理水平和工作效率，是实验室管理走向信息化、现代化的必然趋势。

参考文献：

- [1] 王合生. 对环境监测信息化建设工作的思考 [J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20 (4).
- [2] 朱崇全. 检测校准实验室质量控制体系的自动化运行模型设计 [J]. 现代测量与实验室管理, 2005, (4).
- [3] 施昌彦, 虞惠霞, 翟培军. 实验室认可 208 问 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2004.

Application of LIMS for Quality Management of Environmental Monitoring Laboratory

LU Jin - biao

(Qidong Municipal Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

Abstract: The main problems during the operation of the quality management system of the laboratory are discussed in this paper, as well as the LIMS application for the quality management.

Key words: LIMS system; laboratory; quality management; application

论环境监测过程中的质量保证工作

潘春龙

(泰州市环境监测中心站, 江苏 泰州 225300)

摘要:介绍了环境监测工作中常用的质量控制方法。认为应通过质量控制工作,使监测数据符合五性:代表性、准确性、精密性、可比性、完整性。

关键词:环境监测;监测数据;质量控制

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0111-03

环境监测是环境管理的“耳目”和“哨兵”,它为环境监测管理提供有力的科学依据^[1]。环境监测对象成分复杂,时间、空间量级上分布广泛,且随机多变,因此必须做好监测工作的质量保证。特别在区域性、国际间大规模的环境调查中,常需在同一时间内,由许多实验室同时参加,同时测定,这就要求各个实验室从采样到监测结果所提供的数据有规定的准确性和可比性。没有准确的监测数据,既无法评价环境质量,保证环境质量的执行,又会浪费资金。为了确保环境监测数据的准确一致,必须做好监测过程质量保证工作。

环境监测是一项技术性很强的工作。实验室应由具有丰富环境监测经验的专业技术人员从事管理工作。从事监测的人员必须具备一定的专业理论知识,还须经过环境监测培训合格后才能上岗。应定期、不定期地举办各种培训,以便不断提高监测人员的素质和技术水平。环境监测过程中应有专业的仪器设备管理员,设备管理员应熟悉各种仪器的性能,能进行专业的维修,设备管理员应经常参加各种仪器设备培训班,会操作各种仪器。除此,还应注意以下的问题。

1 现场监测工作中的样品采集、现场参数测试

环境监测的样品必须具有代表性,严格规范采样时间、采样地点、采样要求。在采样前必须详细调查监测区的污染源情况、工业布局、人口密度、水文、气象、地质、地貌等情况,然后根据监测目的和监测项目布设采样点并进行采样,按照采样规范采集现场平行样和密码样。

采集样品的容器必须按照项目进行分装。

气体样品按照项目的要求,可用吸收瓶、活性炭管、气袋、注射器、滤膜等。

水样的分装比较复杂,根据项目分装的要求大致可归纳为表1。

表1 水样品分装及保存要求

| 测定项目 | 容器材质 | 保存条件 |
|----------|--------|-----------------------|
| 总磷、总氮、氨氮 | 玻璃或聚乙烯 | 硫酸, pH < 2 |
| 石油类 | 玻璃 | 盐酸, pH < 2 |
| 悬浮物 | 玻璃或聚乙烯 | - |
| 挥发酚 | 玻璃 | 磷酸 pH 约为 4, 硫酸铜, 1g/L |
| 化学需氧量 | 玻璃 | 硫酸, pH < 2 |
| 生化需氧量 | 玻璃 | 密封, 2~5℃ |
| 金属 | 聚乙烯 | 硝酸, pH < 2 |
| 氟化物 | 聚乙烯 | 氢氧化钠, pH ≥ 12 |
| 有机项目 | 玻璃 | 密封, 避光 |

采集的样品应尽快送到实验室进行分析,如不能立即分析,应按照样品的保存方法进行保存^[1]。

2 实验室分析

要求实验室必须有清洁、安静的环境,水、电、安全设施齐全,有监测必需的基本仪器、设备,如制备纯水的装置、分析天平、分光光度计等,各种玻璃量器和器皿,各种规格的化学试剂、标准物质等。各种量器、仪器等应按照规定定期校准、维修。保证仪器设备正常运转。

2.1 实验室内部质量控制

实验室内部质量控制是实验室分析人员对分析质量进行自我控制的过程。一般通过分析和应用某种质量控制图或其它方法来控制分析质量。目前常用的两种控制图为均数控制图和回收率控制图。

2.1.1 均数控制图

编制均数控制图的方法是:控制样品的浓度和组成尽量与环境样品相似,用同一方法在短时间内

收稿日期: 2011-11-11

作者简介: 潘春龙 (1977-), 男, 工程师, 主要从事环境监测分析工作。

多次（至少20次）测定某一控制样品，如每天做平行样品1次，计算这些结果的平均值（ \bar{x} ），总平均值（ $\bar{\bar{x}}$ ）和标准偏差 s ，从而计算上、下控制限，上、下警告限。

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - \bar{\bar{x}})^2}{n-1}}$$

中心线 (CL) = $\bar{\bar{x}}$

上控制限 (UCL) = $\bar{\bar{x}} + 3S$ ，下控制限 (LCL) = $\bar{\bar{x}} - 3S$

上警告限 (UWL) = $\bar{\bar{x}} + 2S$ ，下警告限 (LWL) = $\bar{\bar{x}} - 2S$

上辅助限 (UAL) = $\bar{\bar{x}} + S$ ，下辅助限 (LAL) = $\bar{\bar{x}} - S$

(注：n 为测定次数)

将以上结果点在纵轴上，并画与横轴平行的线，得图1均数控制图，横坐标为天数。

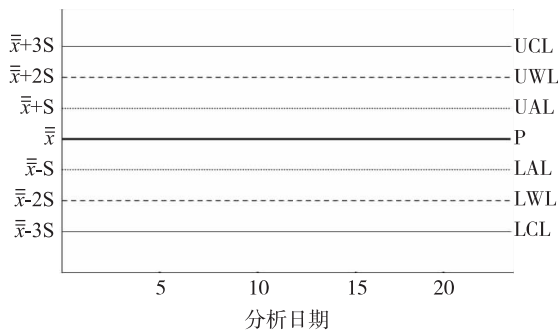


图1 均数控制图

2.1.2 回收率控制图

回收率以 P 表示，回收率有两种：当用标准物质作为控制样品时：

$$P = \frac{\text{测定值}}{\text{保证值}} \times 100\%$$

当采用加标样品分析时：

$$P = \frac{\text{加标试样测定值} - \text{试样测定值}}{\text{加入标准物的量}} \times 100\%$$

在常规分析中，至少积累20个回收率数据，才可绘制回收率控制图。

计算 n 个回收率，按下式计算平均回收率 \bar{P} 和回收率标准偏差 S_p ：

$$\bar{P} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \right) / n \quad S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}}$$

再按下式求出上、下控制限，上、下警告限，上、下辅助限：

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{P} + 3S_p & \text{UWL} &= \bar{P} + 2S_p & \text{UAL} &= \bar{P} + S_p \\ \text{LCL} &= \bar{P} - 3S_p & \text{LWL} &= \bar{P} - 2S_p & \text{LAL} &= \bar{P} - S_p \end{aligned}$$

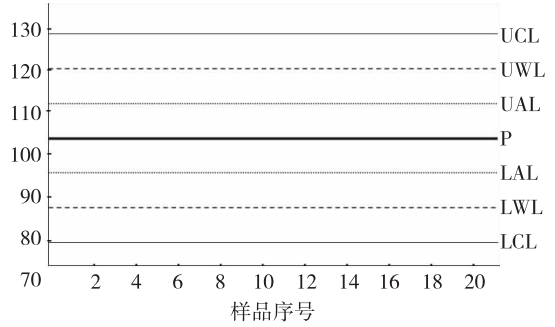


图2 回收率控制图

一旦发现某种偶然的异常现象，随即采取相应的校正措施。

2.2 实验室间质量控制

实验室间质量控制的目的是检查各实验室是否存在系统误差，找出误差来源，提高监测水平，它包括两方面的内容：实验室质量考核和实验室误差测验。

2.2.1 实验室质量考核

应使用统一的分析方法，首先应从国家（或部门）规定的“标准方法”之中选定。需选用“标准方法”以外的其它分析方法时，必须用该法与相应“标准方法”对几份样品进行比较实验，按规定制定无显著性差异后，方可选用。具体考核内容是：分析标准样品或统一样品；测定空白平行，检查检测下限；测定标准系列，检查相关系数和计算回归方程，进行截距检验等。

通过质量考核，最后由负责单位综合各实验室的数据进行统计处理后作出评价予以公布。各实验室可以从中发现所存在问题并及时纠正。

2.2.2 实验室误差测验

在实验室间起支配作用的误差常为系统误差。为检查实验室间是否存在系统误差，它的大小和方向以及对分析结果的可比性是否有显著影响，可不定期地对实验室进行误差测验，以发现问题并及时纠正。

3 小结

环境监测不只是一项简单的实验室分析，而是一个从布点、采样、分析、数据处理的全过程^[2]。在目前全面开展质量保证有一定难度的情况下，必须有可靠的质量保证工作细则，例如用以上方法进行质量控制。这样才能使监测结果具有五性^[3]：代表性、准确性、精密性、可比性、完整性。才能确保监测数据的准确可靠，为环境管理提供优质、高效服务。

参考文献:

- [1] 徐桂华, 王敏. 环境监测在环境执法中的作用 [A]. 四川省第十次环境监测学术交流会论文集 [C]. 2005.
- [2] 王俊荣. 浅谈环境监测分析工作的质量保证 [J]. 北方环境, 2005, 30 (2).
- [3] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

A Discussion on Quality Insurance in Environmental Monitoring

PAN Chun-long

(Taizhou Municipal Environmental Monitoring Station, Taizhou Jiangsu 225300 China)

Abstract: This paper introduces the quality control methods commonly used for environmental monitoring. It is considered that the monitoring data should be representative, accurate, precise, comparable and integral through quality control.

Key words: environmental monitoring; monitoring data; quality control

云南省重点污染源在线监控灾备系统的建设与展望

白爱民

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要:自云南省重点污染源监控中心建成后至今,已经有全省辖区内200多家企业的动态污染源数据接入监控中心。这些污染源信息对云南省环保工作起着越来越重要的作用,同时,数据安全的重要性也日趋受到关注。灾备,就是为了防范各种因灾难发生而造成信息系统数据损失的一项系统工程。叙述了灾备概念和云南省污染源灾备系统的建设特点,并对灾备系统管理的重要性进行了探讨。

关键词:重点污染源;在线监控;灾备中心;系统集成

中图分类号:X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2012)03-0114-04

《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中明确要求,到2015年,在GDP年均增长7%的同时,单位国内生产总值能源消耗降低16%,单位国内生产总值二氧化碳排放降低17%。主要污染物排放总量显著减少,化学需氧量、二氧化硫排放分别减少8%,氨氮、氮氧化物排放分别减少10%。为了落实党中央、国务院对推进主要污染物减排的有关工作部署,必须对国家重点监控企业的污染物情况实施自动监控。通过自动化、信息化等技术手段,科学、准确、实时地掌握重点污染源的主要污染物排放数据、污染治理设施运行情况等与污染物排放相关的各类信息,及时发现并查处违法排污行为。

自2003年起,云南省通过各种方式对污染物排放量至少占地区排放量70%的重点污染源安装了在线监测系统,安装了超过300台(套)的污染源在线自动监控设备。要发挥污染源自动监测设备的作用,建设重点污染源监控中心至关重要^[1]。在环保部的大力支持下,2009年9月,云南省重点污染源监控中心(下称省监控中心)正式建成,对云南省建立科学、完整、统一的节能减排统计、监测和考核体系有很大的推动作用。

1 监控中心的重要性和数据安全的重要性

环境监督靠监测,环境执法靠监察。省监控中心可以改变环境监督和执法的方式,提高环境监督和执法的科学性,克服环保监测和监察人员不足的困难^[2]。

对环境执法人员来说,通过监控中心可更客观、及时、准确地掌握环境质量状况和污染源状况,并通过分析数据,寻找规律和变化,为决策提供科学依据^[3]。

对污染源监控企业来说,企业可通过监控中心实时了解自身的排污状况。同时,借助核心软件的总量计算功能,企业能掌握并有效控制排污总量,为自身的污染物减排起到很好的督促作用。

至2011年年底,云南省共有200多家企业的300多个废水、废气重点污染源数据接入到省监控中心,每个污染源每30s发送一组基础数据,其中,废水含流量、pH、COD、氨氮...,废气含SO₂、O₂、NO₂、烟气动压、烟气流速、温度、湿度、压力...,每天都有数百万的监测数据进入省监控中心监控平台。

通过互联网对监控中心的远程访问,国家环保部可获取这些重点污染源的动态信息,全省各级环保系统可直接查询所属辖区污染源信息、实时数据、统计数据和历史数据。

随着云南省环境保护工作快速发展,对基础信息网络和重点污染源信息的依赖越来越大,由此而产生的信息安全问题日趋严重。

2 灾备介绍

2.1 灾难分类

任何必须恢复的数据访问中断都是灾难。灾难按可能导致其发生的原因,可以分为以下几种^[4]:

(1) 自然灾难:包括火灾、台风、水灾、地震等突发自然灾害造成的业务系统的灾难;

(2) 社会灾难:包括企业运行所依赖的服务的

中断（电力中断、租用网络中断等），恐怖分子制造的爆炸、战争引起定点破坏等灾难；

(3) IT 系统灾难：包括 IT 设备硬件、软件故障等；

(4) 人为灾难：包括 IT 系统管理人员的误操作、来自网络的恶意攻击、计算机病毒发作造成的数据灾难。

2.2 灾备的定义及衡量灾备系统的指标

2007 年 7 月，国家发布了灾备建设标准《信息系统灾难恢复规范》（以下简称为《规范》），其中明确了灾难备份是“为了灾难恢复而对数据、数据处理系统、网络系统、基础设施、专业技术支持能力和运行管理能力进行备份的过程”。

衡量灾备系统有两个主要指标：RPO（数据损失率）和 RTO（数据恢复时间）。RPO 是“灾难发生后，系统和数据必须恢复到的时间点要求”，代表了能容忍的最大数据丢失量；RTO 是“灾难发生后，信息系统或业务功能从停顿到必须恢复的时间要求”，代表了能容忍的恢复时间^[5]。RPO 与 RTO 越小，系统的可用性就越高，当然需要的投资也越大。

2.3 数据级灾备和应用级灾备

数据级灾备的关注点在于数据，即灾难发生后可以确保用户原有的数据不会丢失或者遭到破坏。数据级灾备的关键要素是要在生产中心之外保存一份或者多份备份数据。

数据级灾备是灾难备份的基本底线，其能保证至少有一份可用的备份数据，但不具备应用接管能力。数据级灾备的业务恢复时间较长。从 RPO、RTO 的角度而言，数据级灾备的 RPO 可以是 1d 以上，也可以到达小时级或者分钟级，但 RTO 较长，一般是数小时到数天。

应用级灾备是在数据级灾备的基础上，把应用处理能力再复制一份，也就是在灾备中心再构建一套支撑系统。应用级灾备能提供应用接管能力，既在生产中心发生故障的情况下，能够在灾备中心接管应用，从而尽量减少系统停机时间，提高业务连续性。

2.4 灾备建设的三个要素

灾备建设的基本方法，就是灾备目标、拥有成本和灾备技术方案三者的权衡。灾备目标，就是熟知的 RPO 和 RTO，可对应于《规范》所规定的灾备系统等级；灾备拥有成本，一般包括首次建设成本和后期运维成本；灾备技术方案，就是实现灾备目标的技术手段，具体包括备份、复制、镜像、集

群、虚拟化等技术和技术组合方案。

3 云南省重点污染源灾备系统的设计要点

基于灾备目标、成本及管理等因素，云南省重点污染源灾备目标为建设应用级灾备系统，规划建设同城灾备中心，即监控中心和灾备中心均建设在昆明，但分置于两个已经具备良好机房环境和网络环境的地点。考虑到环保工作的快速发展，灾备中心按《规范》中描述的灾难恢复能力等级六标准来建设，即：数据零丢失和远程集群支持；灾备中心具备与监控中心一致的处理能力，应用软件是“集群的”，可实时无缝切换。光纤冗余拓扑和系统部署架构见图 1 和图 2。

从图 1、图 2 中可以清楚地看出，灾备中心实际上是一个小型化的监控中心，有完整的支持系统和数据存储系统。监控中心和灾备中心都部署了国家统一研发的应用软件，能同时接收来自重点污染源的数据。但只有监控中心直接将在线数据上传国家环保部并接受省内环保用户的访问。当突发灾难致使监控中心瘫痪时，灾备中心可接管监控中心的业务，恢复数据上传与信息访问。

4 灾备建设其它方面的考虑

灾备系统建设是一项复杂而庞大的系统工程，《规范》对灾备建设七要素进行了定义，详见表 1。

表 1 灾备建设七要素定义

| 序号 | 要素 |
|----|----------|
| 1 | 备用基础设施 |
| 2 | 数据备份系统 |
| 3 | 备用数据处理系统 |
| 4 | 备用网络系统 |
| 5 | 灾难恢复预案 |
| 6 | 运行维护管理能力 |
| 7 | 技术支持能力 |

仔细分析七要素后，我们不难得出灾备建设过程大致可分为三个步骤：

第一步：新建灾备中心，对应第 1 要素；

第二步：数据中心和灾备中心的数据同步，对应第 2、3、4 要素；

第三步：运维体系及决策机制，对应第 5、6、7 要素。

目前，云南省按规划要求已经基本实现了第一、第二步，也是投资最多、技术最复杂的部分。接下来需要考虑灾备建设的第三步，包括组织机构、制度规范、应急事件响应流程、灾难演练流程、日常运维管理策略等。此项工作正在实施之中。

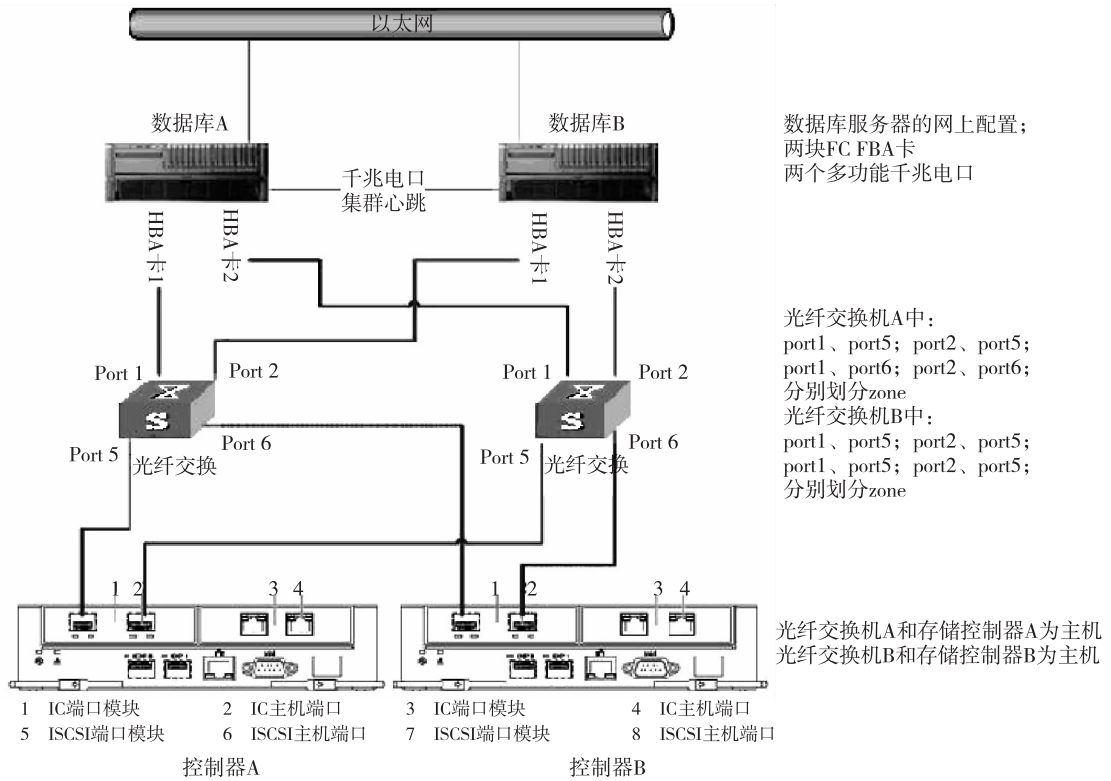


图1 云南省监控中心和灾备中心双光纤冗余拓扑方案

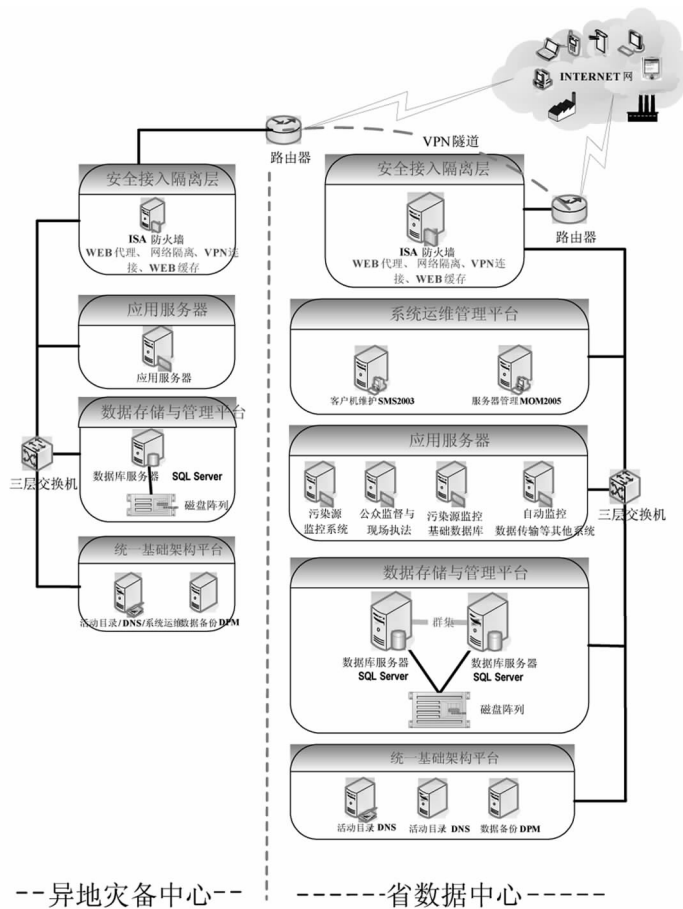


图2 云南省重点污染源在线监控系统完整的部署架构

5 结语

灾难本身是个小概率事件，但是影响巨大。战胜灾难的最好良方，无非是防患于未然。而灾备，就是为了防范由于自然灾害、社会动乱、IT 系统故障和人为破坏等造成信息系统数据损失的一项系统工程。

建设灾备系统须以提高投资回报率为考虑的重点，云南省在建设重点污染源监控中心的同时，充分利用了现有条件，建成了级别相对较高的灾备中心，投资少，效果好。

好的灾备系统必须有良好的运维体系及决策机制的支持。云南省在建设自身灾备系统的同时，总

结出一套级别高、投入少的灾备模式，并正积极探索运维管理模式。

参考文献：

- [1] 白爱民. 云南省重点污染源监控中心的设计与展望 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28 (4).
- [2] 魏山峰. 试论环境监控中心在总量减排中的作用 [N]. 中国环境报, 2008-02-01.
- [3] 吴立新. 环境监控中心建设实例分析——以金华市环境监控中心为例 [J]. 环境污染与防治, 2008, 30 (6).
- [4] 带你走进灾难备份的世界 [EB/OL]. <http://tech.watchstor.com/backup-and-archiving-117546.htm>, 2009.
- [5] 国务院信息化工作办公室. 重要信息系统灾难恢复指南 [Z].

Construction and Prospect of Disaster Recovery System of On – Line Major Pollution Source Monitoring in Yunnan Province

BAI Ai – min

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

Abstract: Since the establishment of the Major Pollution Source On – Line Monitoring Center in Yunnan, there have been over 200 industrial enterprises whose dynamic pollution source data are connected with the Center. These information plays a more and more important role in environmental protection in Yunnan, and the concern about their safety is increasing. The disaster recovery is a systematic engineering to prevent the data loss from different disasters. This paper gives the definition of the disaster recovery and the characteristics for its construction in Yunnan. The significance of its management is also discussed.

Key words: major pollution source; on – line monitoring; disaster recovery center; system integration

论离子色谱在县级环境监测中的应用

罗丽娟

(当涂县环境保护监测站, 安徽 当涂 243100)

摘要:为更好地对县域环境进行监测, 确保县级环保事业的有效推进, 就离子色谱仪在县级环境监测中的应用、仪器的维护与保养等进行了分析与论述。

关键词:离子色谱法; 环境监测; 应用; 保养与维护

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2012) 03-0118-03

县级环保工作好比一块基石, 承载着我国环保、经济、社会可持续发展战略的使命与重担。县级环境监测机构所提供的监测数据是否具备真实有效性, 具有深远意义。一则关系到企业自身的可持续发展, 二则关系到当地的环境承载力与地方经济的发展规划。因此, 采用必要的科学技术力量来武装县级环境监测机构, 是当前基层环境监测工作的突破口。近年来, 离子色谱法在工业废水监测上所展现出的突出优势, 使其在水质监测上得到了广泛的发展与应用。本文就离子色谱技术的应用为大家做些简要的分析与论述。

1 离子色谱法的原理

1.1 原理

离子色谱又名高效离子色谱 (HPIC) 或现代离子色谱, 是高效液相色谱的一种。离子色谱中的固定相是离子交换树脂, 树脂上有固定的带电基团和能游动的自由离子。待测样加入后, 用适当的淋洗液洗脱, 待测样离子即与树脂上能游动的自由离子进行交换, 这一过程是连续进行、且可逆的交换吸附与解吸过程, 最终达到平衡。

1.2 影响洗脱次序的几点因素

(1) 一般地, 离子价态的高低决定其对离子交换树脂亲和力的强弱。而保留时间也随离子电荷数的增加而增加。

(2) 对于电荷数相同的离子, 则随其离子半径增加, 保留时间增长。

(3) 淋洗液的酸碱度也会间接地影响离子洗脱次序。

1.3 CIC-200型离子色谱仪工作情况举例

用 Na_2CO_3 淋洗液检测地表水样中的 F^- 、 Cl^-

和 SO_4^{2-} 的含量, 保留在色谱柱上的阴离子即被淋洗液中的 CO_3^{2-} 基置换并洗脱。依次从对树脂亲和力由弱到强的离子先后被洗脱, 淋出液经化学抑制器, 将来自淋洗液的背景电导抑制到最小, 这样当被检测离子离开后, 进入电导池时就有较大的可准确量出的电导值。

2 离子色谱法在县级环境监测工作中的应用

2.1 应用

离子色谱在县级环境监测工作中主要用于水样分析, 包括地表水、饮用水、生活污水和工业废水等样品中的阴、阳离子测定。使用离子色谱仪进行分析可同时高效检测多个不同待测样品各自的浓度, 省时省力, 且检验准确性高。一般先配制好标准溶液, 然后选择适当的梯度浓度, 配成多个待测样的混标使用液, 绘制各个待测样的标准曲线, 通过套入标准曲线对待测样分别得出定量分析结果。一般可在 15~30min 分析检测出的样品有: 氟化物、氯化物、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、硫酸盐等。因此采用离子色谱法分析水样可有力提高县级环境监测工作效率, 将基层大量繁复的监测工作剥丝化简。

2.2 CIC-200型离子色谱仪在县级环境监测工作中的优势

2.2.1 技术优势

CIC-200型离子色谱仪所分析的 F^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 离子曲线相关系数在 0.999 以上, 且保持 1% 左右的相对标准偏差, 能高效、较理想地完成县级水样分析的监测任务。

图 1、图 2 为当涂县环境监测站待测氟离子、氯离子混标样分析标准曲线。

2.2.2 性能优势

(1) 在生成标准曲线时, 可依据待测组分代

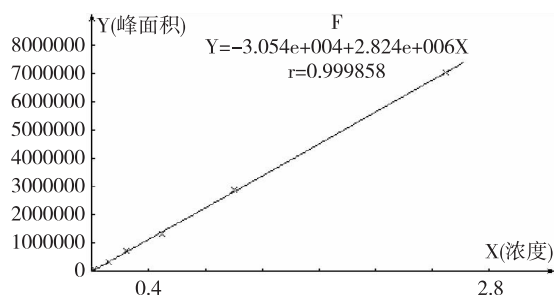


图1 待测氟离子混标样分析标准曲线

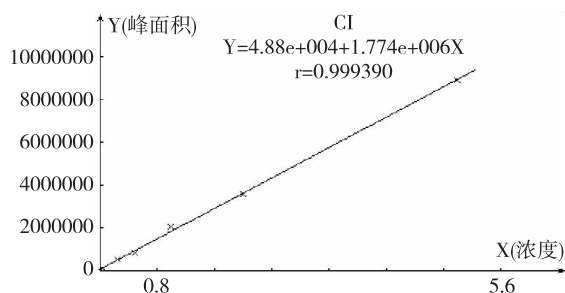


图2 氯离子混标样分析标准曲线

入最优校准系数,自动套取并进行计算,从中取得最优化的模板,引入模板后便可建立较佳的线性关系。

(2) 依据计算机分析得出的结果,可精准及时地发现单个样分析的异常值,从而重新进行进样→检测→计算→结果的过程,重新检测不受限制,且不影响已取得的其他样分析结果的真实有效性。

(3) CIC-200型离子色谱仪可依据出峰时间次序上的不同自然区分各种离子,因此检测人员通常可通过配置混标样品同时高效地开展样品分析检测工作。

(4) CIC-200型离子色谱仪连接至电脑上的软件操作界面为全中文系统,且主要操作图标易识别好上手,系统还提供了多重自动套取等运算,并将批处理、生成曲线、自动保存、谱图调取等功能自由结合,既能轻松调出以往分析的各种结果,又能同步查看实时进行的检测动态,灵活地提高了日常分析效率,简单易学。

2.2.3 经济优势

购置、维修国产设备的费用普遍低于进口设备产生的费用,这就使得县级环境保护监测站也具备了购买国产CIC-200型离子色谱仪的能力。且国产设备的配套软件为全中文,上手容易,遇到维修和需要调试的情况,与厂方负责人员的沟通也无障碍。

3 仪器的维护和保养

3.1 CIC-200型离子色谱仪说明

3.1.1 主机简介

主机为一体化智能机,数控化操作,液晶屏显,触摸操作按键,具备记忆存贮、智能化选择量程及基线自动调零等功能。液晶蓝屏显示电导、电流、流量、量程、电压、压力等分析参数,以便对运行状态进行实时监测。设备具有反控制辅助功能,可通过软件、LCD屏两大模式设定工作参数,以观察仪器的运行状态。

3.1.2 主要参数指标(表1)

表1 主要参数指标表

| 主要参数名 | 参数指标 |
|--------|-------------------|
| 远程控制 | RS-232/485接口 |
| 泵承压域 | 0~42Mpa |
| 流量范围 | 0.001~9.999ml/min |
| 流量精度 | RSD≤0.2% |
| 流量重复性 | RSD≤0.1% |
| 压力显示精度 | ≤0.1Mpa |

3.1.3 电导检测器相关系数(表2)

表2 电导检测器相关系数

| 电导检测器相关系数 | 系数指标 |
|-----------|--|
| 分辨率 | ≤0.025ns |
| 输出电压 | -5000~5000mv可调 |
| 检测量程 | 0~30000us/cm(10档可选)具有手动和自动选档功能,输出可自动归零量程 |
| 基线噪声 | ≤0.6%FS |
| 基线漂移 | ≤2.0%FS |
| 恒温精度 | 5~50±0.01℃ |

3.2 维护、保养情况

3.2.1 CIC-200型离子色谱仪的维护

色谱柱需要定期进行必要的性能检测,以确保其真实有效的柱容。若溶剂中存在微量的不溶物或样品中、泵进样器、柱内等存在有不溶物,极易造成使用过程中的堵塞现象。

色谱柱堵塞后可通过必要的程序进行修复:先用含盐的缓冲液,后用溶解性强的溶剂反复进行冲洗;然后断开检测器,再用对测样所含物质有强溶解性的溶剂进行冲洗;特别需要注意的是,应保持溶剂的pH值介于2~8;最后如果经过上述所有操作流程后还未能修复,色谱柱压也未下降,则要断开检测器,将色谱柱反向放置,再检查柱压,若压力稳定下降,则保持反向连接,用低于0.5ml/min的流速冲洗60min。

在实际操作过程中,还会偶尔遇到电导降不下

来或升不上去的情况, 这些时候应先检查流路是否通畅, 是否有连接处露液的情况, 以及是否更换了新制备的超纯水, 淋洗液是否受到污染等, 往往要通过一系列的操作来排查原因, 最终完成调试准备过程。

3.2.2 CIC-200型离子色谱仪的保养

色谱柱的柱性能可能因为所使用的待测样、流动相、柱温等不同条件而有所差异。在做柱性能检测时应按照色谱柱出厂报告中要求的条件进行。色谱柱在任何情况下切忌碰撞、强力弯曲、剧烈震动, 当与色谱仪的流路连接通时, 阀件或管路一定要保持清洁, 要注意流动相的脱气开关是否开启, 并避免使用高粘度溶剂作流动相, 进样样品若有必要需提前进行提纯准备, 并严格控制单次的进样剂量, 且在每天分析工作结束后, 要清洗留存在进样阀中的残留样品。若分析柱长期不使用, 应妥善保存并封闭。

3.3 加强色谱柱维护保养管理

监测实验室内需制定色谱柱管理的标准操作规程并严格执行。色谱柱每隔一段时间需定期保养1

次, 每1次应做好保养记录。对于确已失效的柱子, 做好停用记录, 不能随意丢弃, 应专门存放。

4 结论

离子色谱仪的迅猛发展即将实现离子色谱技术在基层县级环境监测工作中的广泛应用, 其快速检测的能力在县级环境监测工作中有着突出的优势。作为县级环境监测中的重要监测仪器, 其保障了县级环境监测及保护工作所需的监测数据真实、有效性, 更为县域地方经济、当地环境、整个社会的协调可持续发展的长期规划提供了可靠的数据支撑与技术保障。

参考文献:

- [1] 本书编委会. 空气和废气监测分析方法 [M]. 北京: 环境科学出版社, 1995.
- [2] 张海涛. 环境监测新技术应用离子色谱 [J]. 环保信息, 2006, (1).
- [3] 王立新. 离子色谱使用与养护 [J]. 仪器分析, 2007, (4).
- [4] 赵嘉欣. 离子色谱法污水检测 [J]. 分析化学仪器, 2007, (12).
- [5] 刘伟明. 环境监测新技术应用离子色谱 [J]. 环保科技, 2008, (1).

A Discussion on Application of Ion Chromatography in Environmental Monitoring at County Level

LUO Li - juan

(Dangtu County Environmental Monitoring Station, Dangtu Anhui 243100 China)

Abstract: This paper analyzes and discusses the application of the ion chromatography in the environmental monitoring at the county level, as well as its maintenance and care in order to improve the monitoring work and boost the environmental protection at the county level.

Key words: ion chromatography; environmental monitoring; application; maintenance and care