

# 环境科学导刊 (双月刊)

HUANJING KEXUE DAOKAN

第 30 卷 第 2 期 总第 131 期

2011 年 4 月 25 日出版

## 目 次

· 特稿 ·	
围绕主题 抓住主线 努力开创七彩云南生态文明建设新局面	云南省环境保护厅厅长 王建华 (1)
· 环境管理 ·	
沈阳市生态城市建设的必然性研究	于洪存, 贾玉鹤 (11)
关注全球气候变化, 做好减灾防灾工作	胡玉之, 曾广权 (15)
城市 CO <sub>2</sub> 排放量审核方法初探	许聪, 韦保仁, 田原聖隆, 小林謙介, 勾坂正幸 (19)
· 环境保护 ·	
生态功能区环境成本的确认与计量——以滇池地区为例	李红琨, 郭楠 (22)
昆明市能源活动 CO <sub>2</sub> 排放量调查研究	张大为, 郑一新, 支国强, 李宗逊 (26)
浅谈我国生物质能发电的现状及其产生的环境问题	汪琼, 姚美香 (30)
云南省电磁辐射设备现状与环境影响分析	李明 (33)
· 水环境保护 ·	
云南省水污染 DPSIR 模型指标体系的构建	包银丽, 马豫, 朱翔 (36)
湖滨湿地社区共管的初步探索——以滇池外海南部白鱼河口湿地为例	孔德平, 白晓华, 田军, 曾昭朝 (42)
南涧县千人以上集中式饮用水源地调查分析	方芹丽 (45)
· 污染防治 ·	
兰州市城区大气污染现状及防治对策分析	祝合勇, 杨太保, 金庆森 (48)
巫山县 PM <sub>10</sub> 浓度现状及影响因子分析	王坚, 吴光应, 付道林 (53)
长春市空气环境污染状况、环境问题及防治对策	丁大玮, 孙柏峰, 史志红, 牛小宁 (56)
秦皇岛口岸入境船舶压载水中微生物携带情况调查	冯云霄, 张乐, 方振东, 朱永利, 张楷 (58)
· 污染防治 ·	
基于 PLS 的火电二氧化硫减排因素分析研究	霍志磊, 匡建超, 王众, 杨慧慧, 冯适 (62)
臭氧多相催化氧化提高二级出水可生化性研究	林玉姣, 张彤炬 (67)
大型料浆法重钙装置尾气处理系统的改进	余国斌 (70)
昆明市西郊垃圾卫生填埋场渗滤液处理工艺研究	王兴龙 (74)
· 环境评价 ·	
紫外辐射增加对 10 个割手密无性系株高的影响	段彪 (77)
金沙江中游河段水电开发对陆生生态环境的影响分析及对策研究浅谈	刘婧, 夏峰, 杨茜, 段禾祥 (80)
天津市北塘排污河清淤改造前后水质评价分析	许亮, 王文美, 张宁, 安龙, 张舒 (84)
某化工园区污水水质模糊综合评价	白晓瑞, 唐景春, 王敏, 王如刚 (87)
· 环境监测 ·	
影响水中高锰酸盐指数准确检测的因素	何阳 (90)
测定总氮的影响因素探讨	殷丽萍 (92)
快速消解分光光度法测定化学需氧量	郭英 (94)
流动注射仪测定水中硫化物方法探讨	孔桂芬, 孙燕利, 张俊 (97)
《环境科学导刊》发行数字期刊的声明	(47)
封面摄影作品:《共舞》	贺彬摄

# ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

( Bimonthly ) Vol. 30 No. 2 2011

---

## CONTENTS

Research on inevitability of eco – city construction in Shenyang .....	<i>YU Hongcun etc.</i>	(11)
Disaster mitigation and prevention by paying attention to global climate change .....	<i>HU Yuzhi etc.</i>	(15)
Study on the calculation method of carbon dioxide emission for a city .....	<i>XU Cong etc.</i>	(19)
Identification and calculation of environmental costs of ecological function areas in Dianchi lake basin .....	<i>LI Hongkun etc.</i>	(22)
Investigation on carbon dioxide emissions of energy activity in Kunming city .....	<i>ZHANG Dawei etc.</i>	(26)
Brief talk on the present status of biomass energy power generation and environmental problems .....	<i>WANG Qiong etc.</i>	(30)
Present status of electromagnetic radiation equipment and environmental impact analysis in Yunnan province .....	<i>LI Ming</i>	(33)
Index system construction of DPSIR model for water pollution in Yunnan province .....	<i>BAO Yinli etc.</i>	(36)
Study on community co – management of constructed wetland near lakeside by Baiyuhe river wetland as case in Waihai of Dianchi lake .....	<i>KONG Deping etc.</i>	(42)
Investigation on centralized drinking water sources serving over one thousand people in Nanjian county .....	<i>FANG Qinli</i>	(45)
Analysis of current air pollution and corresponding prevention measures in Lanzhou urban area .....	<i>ZHU Heyong etc.</i>	(48)
Analysis on influential factors of concentration of PM <sub>10</sub> .....	<i>WANG Jian etc.</i>	(53)
Air environment pollution and environmental problems and countermeasures in Changchun .....	<i>DING Dawei etc.</i>	(56)
Investigation of microbe taken by ballast water of entry ships in Qinhuangdao port .....	<i>FENG Yunxiao etc.</i>	(58)
Analysis of SO <sub>2</sub> from thermal power plant based on PLS .....	<i>HUO Zhilei etc.</i>	(62)
Research on organic biodegradability of secondary effluent treated by catalytic ozonation .....	<i>LIN Yujiao etc.</i>	(67)
Improvement of exhaust treatment system of coarse whiting device with slurry process method .....	<i>YU Guobin</i>	(70)
Research on leachate treatment from Xijiao domestic waste sanitary landfill site in Kunming .....	<i>WANG Xinglong</i>	(74)
Effect of enhanced UV – B radiation on the plant height of 10 wild saccharum spontaneum L. clones .....	<i>DUAN Biao</i>	(77)
Brief talk on impacts and countermeasures on terrestrial ecological environment on hydropower development in the middle reach of the Jinshajiang River .....	<i>LIU Jing etc.</i>	(80)
Analysis of water quality before and after dredging project in Tianjin Beitang Drainage River .....	<i>XU Liang etc.</i>	(84)
Fuzzy comprehensive evaluation of wastewater quality in an industrial park .....	<i>BAI Xiaorui etc.</i>	(87)
Factors affecting detection of water permanganate index accurately .....	<i>HE Yang</i>	(90)
Discussion on influencing factors about determination of total nitrogen .....	<i>YIN Liping</i>	(92)
COD detection with rapid digested spectrophotometry method .....	<i>GUO Ying</i>	(94)
Study on detection of sulfide in the water by flow injection analysis instrument .....	<i>KONG Guifen etc.</i>	(97)

# 围绕主题 抓住主线 努力开创七彩云南生态文明建设新局面

## ——在2011年全省环保局长会议上的工作报告

云南省环境保护厅厅长 王建华

同志们：

这次全省环保局长会议，是在“十二五”开局之年召开的一次重要会议。会议的主要任务是：认真贯彻落实党的十七届五中全会、省委八届十次全会、省人大十一届四次会议和2011年全国环保工作会议精神，总结“十一五”环保工作经验，明确“十二五”环保工作思路，部署2011年的重点工作，紧紧围绕科学发展这个主题，牢牢抓住转变经济发展方式这条主线，努力提高七彩云南生态文明建设水平，进一步开创我省环境保护工作的新局面。

### 一、“十一五”全省环保事业蓬勃发展

过去五年，是云南经济社会发展最好、最快的五年，也是云南环保事业取得重大突破、重大进展和重大成果的五年。省委、省政府高度重视环境保护工作，省第八次党代会确立了生态立省、环境优先的发展战略，全面实施七彩云南保护行动；召开全省第八次环保大会，先后出台了《关于加强环境保护的决定》、《关于加强生态文明建设的决定》、《关于进一步加强节能减排工作的若干意见》、《关于加强滇西北生物多样性保护的若干意见》、《关于全面推行环境保护“一岗双责”制度的决定》等一系列重要政策和文件；省委、省政府主要领导在部署全省经济社会发展工作时，都把加强生态环境保护作为重要内容，并提出明确的要求，对全省环保工作的创新发展给予了强有力的支持，提供了重要的保证。全面实施七彩云南保护行动，以及节能减排·云南在行动、生物多样性保护行动等一系列重大举措，初步形成了政府主导、部门协作、全民参与的环境保护机制。从各级领导到基层干部群众，从党政机关到学校、企业、社区、媒体等各行各业对环境保护的认识显著增强，全社

会关心、支持、参与生态建设和环境保护的“大环保”格局正在形成。在省委、省政府的坚强领导和环境保护部的指导支持下，在省直有关部门、各级党委政府和社会各界的大力支持下，全省环保系统的干部职工牢记使命，同舟共济，艰难跋涉，负重前行，经受住了考验，交出了合格的答卷，圆满完成了“十一五”环保规划目标任务。这里，我代表省环保厅向辛勤奋战在环保一线的同志们，向所有关心支持我省环保事业的同志们、朋友们致以崇高的敬意和衷心的感谢！

（一）攻坚克难，圆满完成了“十一五”污染减排任务

国家确定我省“十一五”污染减排目标是：2010全省化学需氧量（COD）要在2005年的基础上削减4.9%，二氧化硫（SO<sub>2</sub>）要在2005年的基础上削减4%。我省2006年两项主要污染物排放总量不降反升，2007年—2009年两项主要污染物排放总量持续下降，2010年上半年SO<sub>2</sub>排放量出现反弹，下半年实现逆转。在全省经济总量五年翻一番（由3424亿元增长到7220亿元）、固定资产投资五年增加2.3倍（由5600亿元增长到1.86万亿元）、工业投资突破6000亿元（是“十五”的3.7倍）的情况下，超额完成了“十一五”污染减排目标任务。

省政府出台了《云南省节能减排工作行政问责实施意见》等政策措施和考核办法，把减排指标完成情况纳入各州（市）经济社会发展综合评价体系，作为政府主要领导综合考核评价的重要内容，每季度对减排形势进行分析，发现问题，及时采取措施。省政府督查室把节能减排督查纳入每年的督查重点。省人大、省政协和省级相关部门也多次开展节能减排检查。省厅将年度减排指标任务分

解、落实到各州（市）和各重点企业，对未完成任务州（市）的建设项目实施“区域限批”，对相关企业的实施“企业限批”，并追究相关人员的责任。

省政府从2008年起每年安排4000万元的污染减排专项资金。决定在本届政府任期内每年安排5亿元专项资金，对所有的县级以上城镇实现生活污水和垃圾处理设施全覆盖。“十一五”期间，全省累计投入污染减排资金达374.27亿元，其中滇池治理131.2亿元，城镇污水生活垃圾处理设施建设项目154.87亿元，火电厂脱硫设施建设投入19.7亿元，制糖企业酒精废醪液治理设施建设5.7亿元，其它工程减排62.8亿元。

重点工业减排任务全面完成。2009年10月底，我省10万千瓦以上火电机组脱硫设施全部建成投运，提前1年完成了火电行业的重点减排工程；2010年7月，完成总装机容量580万千瓦的14台火电机组脱硫设施增容改造工程，脱硫效率大幅提高。对14台机组脱硫设施旁路烟道实施了封堵、8台机组实行了铅封，国电宣威发电有限责任公司在全国率先拆除了4×30万千瓦机组脱硫设施旁路烟道。昆钢等4家钢铁企业8台烧结机烟气脱硫项目建设按时完成，云南解化集团等50多家企业实施了工业锅炉脱硫或工艺尾气净化及综合利用改造。积极探索工业COD减排措施，着力推广制糖行业酒精废醪液综合治理新工艺、新技术，全省62家规模以上糖厂实现了酒精废醪液零排放。

城镇污水处理厂建设取得突破性进展。“十一五”，全省建成68个污水处理项目，新增截污管网3979.3千米，新增污水处理能力140.5万吨/日。污水处理厂数量较2005年翻番，污水处理率由2005年的39%提高到70%。已建成投运污水处理厂的城市全部开征了污水处理费。

淘汰落后产能任务全面完成。提前两年半在全国率先完成了10万千瓦以下小火电机组的淘汰任务。全省列入2010年公告淘汰的165户企业，除1座300立方炼铁高炉作为省级工业遗产和爱国主义教育基地予以保留外，其余164户已全部拆除。“十一五”，全省累计淘汰炼铁、炼钢、水泥等行业落后产能4703.83万吨，超额完成“十一五”淘汰落后产能任务。

严格控制火力发电量。2010年，为消化特大干旱导致大幅增加的SO<sub>2</sub>排放量，加大节能减排发电调度力度。从2010年7月起将火电机组脱硫设

施运行情况作为下达发电指标的重要参考按月进行调控，确保全年火力发电量控制在550亿千瓦时之内。严格控制火电企业外购高硫份电煤，取消了外购煤的财政补贴政策，从8月开始按月核定脱硫电价。在控制火力发电量和优化火电脱硫指标的双重调控作用下，全省SO<sub>2</sub>排放量大幅下降。

（二）依法加强环境监管，着力解决了一批突出环境问题

环境执法力度不断加大。连年开展整治违法排污企业保障群众健康环保专项行动，全省共出动执法人员25.9万余人次，检查企业5万余家次，立案查处企业1843家次，省厅对32项环境违法问题实施了挂牌督办，对59家环境违法企业实施处罚809万元。对552家重点减排企业、415个重点减排项目的现场监察，做到县级环保部门不少于每月1次，州（市）环保部门不少于每季度1次，省级环保部门抽查率不低于60%。昆明市出台了《关于加强整治违法排污行为的实施意见》。德宏州对糖厂减排重点项目派出专人驻厂监督。扎实推进清洁生产审核，128家重点企业通过审核评估验收。

环境监测工作扎实开展。全省16个州（市）政府所在地实现了环境空气自动监测。较好地完成了国控、省控重点污染源监督性监测任务。各级环境监测站加大了监督性监测频次，除对国控企业做到了每季度监测1次外，对部分重点减排项目的主要指标按月实施监测。开展了重点流域的水质监测、“菜篮子”和有机食品基地环境监测工作，完成了集中式饮用水源地有机污染物调查、全省持久性有机污染物更新调查、温室气体监测试点等工作。

加强核与辐射环境安全监管。“十一五”，完成我省全部2156家放射源及射线装置工作单位的辐射安全许可证办证换证工作；全省放射性同位素和射线装置工作单位全部纳入动态管理，实现了辐射安全许可、放射性同位素转让、放射性同位素转移备案的网络化审批和信息化动态管理；云南移动公司已编制完成全省16个州市1.2万个基站的环境评价文件及监测报告。玉溪市投入160万元，为各县（市区）环保局配备核辐射监察装备。

妥善处置环境突发事件。全省环保系统建立和完善环境应急响应预案，组建环境应急省级专家库，常抓不懈，有效遏制了我省环境突发事件的高发态势。共处置突发环境事件28起（含较大环境突发事件Ⅲ级3起），澄江县锦业化工砷污染、富

宁县“6.7”粗酚泄露污染水体、镇沅县黄金公司废水污染麻阳河等一批社会高度关注的突发环境事件得到妥善处置。加强省、州市级 12369 环保投诉热线建设。5 年来共办理国家 12369 环保热线网站投诉和环保部交办查处的事件 105 件，办理省委、省人大、省政府、省政协交办的案件 38 件，受理环境投诉 10203 件，办结 10029 件，办结率 98.3%。

拓展环境执法的新途径。省厅与中国人民银行昆明支行、银监局建立了落实环境法规防范信贷风险工作联席会议制度，及时向金融部门通报环境违法违规企业名单和环保专项行动省级挂牌督办企业及项目。向云南省工程建设领域信用平台提供企业环境违法信息和环境行政处罚信息，支持省高级人民法院开展环境公益诉讼研究。积极探索重大行政处罚事前约谈违法违规企业负责人的工作机制，取得良好的处罚效应。昆明市、玉溪市政法机关在全国率先成立环保公安局、环保法庭和环保检察机关，建立了环境保护执法协调机制。昆明市环保局以公益诉讼人身份，对某企业乱排污水直接导致附近村民、牲畜饮水困难，损害环境公共利益的行为，向人民法院提出公益诉讼，为全省首例。

(三) 严格环境影响评价，积极服务了经济社会发展大局

积极支持全省重大项目建设。高度重视事关我省经济社会发展全局的重大项目和民生项目，实施提前介入、超前研究、沟通协调、联合审查、同步审批、跟踪服务和开辟绿色通道等措施，加快环评审批。争取环保部审批了牛栏江—滇池补水工程等 56 项重大建设项目；坚决贯彻落实国家扩大内需、应对金融危机政策措施，主动协调相关行政主管部门联合预审，完成了总投资达 768 亿元的 64 条二级公路环评审批；完成了 202 个城市污水处理和垃圾处理项目的环评审批，及时审批了贡山县独龙江公路改扩建等一批重点民生工程。2006 年至 2009 年，全省各级环保部门共审批建设项目 26330 项，涉及固定资产投资 10583 亿元。2006 年至 2010 年，省厅共审批建设项目 1366 项，涉及固定资产投资 5268.03 亿元。同时，不予或暂缓审批 56 项，责令建设项目停止建设 29 项，严肃查处 73 个未批先建、边批边建等环境违法违规项目，累计罚款 964 万元。对沘江流域和陆良银河纸业分别实施了区域限批、企业限批。

规范环评管理、提高环评工作效率。省政府先

后印发《关于进一步加强环境影响评价管理工作的通知》和《云南省建设项目环境影响评价分级审批规定》。省厅建立建设项目环境影响评价文件内部审查、分级审批等制度，组建了云南省环境影响评价审查专家库；公开环评审批事项的依据、内容、条件及办理程序、时限和结果，实行“一次性告知”和窗口式管理；按照建设效能政府的要求，将环境影响报告书、报告表、登记表的审批时限分别压缩为 40、20 和 15 个工作日，省重大投资项目 20 个工作日完成审批。

大力推进规划环评。组织开展了呈贡新区等重点区域、澜沧江等重点流域、林浆纸一体化等重点行业的规划环评。与瑞典国际合作发展署联合开展了大理市城市总体规划修编环境影响评价试点项目。各级环保部门共组织完成了工业园区、水电开发规划、城市总体规划等各类规划环评审查 130 项。

强化“三同时”监管。省厅制定了关于切实加强建设项目环境保护“三同时”监督检查和竣工环保验收工作的意见，要求各级环保部门和建设单位要制定监管计划，建立定期报告制度，加强档案管理，严格试生产监管，严把竣工环保验收关。2010 年 12 月，省厅检查组，抽查了全省 8 个州（市）自 2003 年以来的环评审批、“三同时”监管和竣工环保验收以及各项环评重点工作的开展情况。

(四) 以九大高原湖泊为重点，水环境治理工作成效显著

创新湖泊治理思路。坚决贯彻落实省委、省政府关于环湖截污和交通、外流域调水及节水、入湖河道整治、农业农村面源治理、生态修复与建设、生态清淤等“六大工程”治理措施，滇池治理全面提速，昆明市主城区污水处理能力实现翻番，由原来的 55.5 万吨/日跃升到 110.5 万吨/日。强力推行“异地种植、异地养殖”和“三退三还”的重大举措，环湖截污、环湖生态、环湖交通基本闭合，滇池水体景观、河流水质及周边环境明显改善。洱海治理与保护的经验和又有新发展。抚仙湖编制完成《流域水环境保护与水污染防治规划》。异龙湖退塘还湖达 9881.97 亩，阳宗海实施了湖体除砷及砷污染源截断工程。省政府分别召开程海、杞麓湖现场办公会，确定了程海“4114711”和杞麓湖“12345”的治理思路和措施。投入省级国债资金 2.5 亿元，拉动省级部门和地方政府、社会企业

投资 20.9 亿多元，加快了异龙湖、程海、杞麓湖治理步伐。

加大湖泊治理资金投入。初步统计，九湖水污染防治“十一五”期间共投入 204 亿元，其中国家投入 27.1 亿元、省级投入 54.74 亿元、市县（区）投入 72.36 亿元、贷款及融资 49.8 亿元。九湖“十一五”治理投入是“十五”总投资 40.8 亿元的近 5 倍，其中滇池治理投入 171.77 亿元，是“十五”总投资 22.32 亿元的 7.7 倍。抚仙湖首次得到国家 5000 万元治理资金的支持。各级政府积极探索市场化融资机制，昆明市、大理州分别成立滇池、洱海投资有限责任公司等融资平台，昆明、大理两州市地方自筹投入湖泊治理的资金分别为 121.3 亿元、12.9 亿元。

强化科技支撑。启动实施国家重大水专项“滇池流域水污染控制及富营养化治理关键技术与示范项目”和“洱海富营养化初期湖泊水污染综合防治技术与工程示范项目”。编制发布了省环境保护实用技术名录（第一批）即村落污水实用技术，在异龙湖开展了污染控制区与污染物“节点物联控制法”的研究。

加强湖泊流域监管。“十一五”，各湖泊管理条例提升为保护条例。成立了省政府滇池、九湖治理督导组。厅机关联合玉溪市、通海县率先在杞麓湖开展“河道保洁周”活动，带动了旱季各湖泊入湖河道保洁工作的开展。各湖泊建立河段长制，进一步明确和细化了治理责任。九湖“十一五”规划项目 206 项，已完工 196 项、在建 10 项，完工率 95.15%、开工率 100%，完成投资 204 亿元、投资完成率 97.24%。监测数据显示，九湖湖体水质监测断面达标率 70.15%，5 个湖泊达到水体功能要求、达标率 55.60%，COD 入湖削减率与 2005 年相比大于 10%，全面完成了省政府确定的“规划项目开工率 100%、完工率 95%，主要入湖污染物总量削减率 10%，湖体水环境功能达标率 50%以上”的目标。

加强重点流域水污染防治。编制实施《牛栏江流域（云南省部分）水环境保护规划》，启动《南盘江流域（云南省部分）水污染防治规划》编制工作。开展了重金属污染企业专项排查，严肃整治南盘江流域重点涉铊企业。三峡库区上游涉及我省的 48 个规划项目，已完成 31 个、在建 16 个、开展前期工作 1 个。争取中央重金属污染防治专项资金 1.8062 亿元对我省 10 个项目予以支持。编制

了《云南省关于贯彻环境保护部等九部委加强重金属污染防治工作指导意见的实施方案》。召开全省保障出境河流环境安全工作座谈会。完成全省出境跨界河流基本情况和污染企业调查。保障了出境跨界河流环境安全。

（五）着力建设生态安全屏障，生物多样性保护有了新发展

省政府连续召开了滇西北生物多样性保护工作的一系列会议，出台了《关于加强滇西北生物多样性保护的若干意见》。建立了云南省生物多样性保护联席会议制度。发布了《滇西北生物多样性保护丽江宣言》（简称《丽江宣言》）和《2010 国际生物多样性年云南行动腾冲纲领》（简称《腾冲纲领》）。以《丽江宣言》和《腾冲纲领》为标志，基本形成了政府主导、科技支撑、企业支持、社会参与，抢占生物多样性保护制高点的局面。

生物多样性保护取得积极成效。完成了《滇西北生物多样性保护规划纲要（2008~2020 年）》、《滇西北生物多样性保护行动计划（2008~2012 年）》等一系列保护规划和技术支撑文件。实施“云南省生物多样性评价指标体系试点及物种资源调查项目”。在全国首次以县域为单位对全省生物多样性进行评价。在滇西北 18 个县开展了生物物种资源重点调查。完成了全球环境基金援助的《老君山示范区综合生态系统管理规划》。开展了亚行援助的《西双版纳生物多样性保护廊道建设示范一期项目》。西双版纳州、德宏州、保山市、普洱市、临沧市、迪庆州建成生物多样性保护教育基地并免费向社会开放，西双版纳州编制完成《热带雨林保护规划纲要规划》，州财政每年安排 200 万元用于保护工作，并建立了州级热带雨林保护基金。“十一五”，全省累计投入滇西北生物多样性保护的基金已超过 60 亿元，云南省生物多样性保护基金会接受捐款 3800 万元；开展形式多样、丰富多彩的国际生物多样性年宣传活动，成功举办《云南省生物多样性（滇西北区域）大型图片展》，出版《七彩云南》生态画册等，云南生物多样性保护的成效获得了良好的社会反响，受到国际国内各方面的充分肯定。

农村环境治理试点项目示范效应良好。省政府印发《关于贯彻环保总局等部门加强农村环境保护工作意见的实施意见》。麒麟区、易门县、龙陵县、勐海县列为全国农村环境保护试点县，按照《云南省农村环境综合整治规划（2008—2015）》

在全省实施农村环境综合整治试点示范工程。在昆明市、文山州、楚雄州、大理州开展畜禽养殖粪便资源综合利用试点；召开全省农村环境保护工作现场会，认真落实“以奖促治”政策措施，积极向国家争取将我省纳入“全国农村环境连片整治示范省”。争取中央农村环保专项资金9206万元，实施“以奖促治”、“以奖代补”项目109个。泸西市南见村、思茅区竜竜村、勐海县曼板村、永仁县乍石村等试点示范项目效果良好。完成了云南省土壤污染状况调查，基本掌握全省土壤环境质量现状及污染程度。

不断深化生态建设示范区创建工作。先后修订《云南省生态乡镇建设指标》、《云南省生态乡镇建设验收暂行规定》，制定《云南省环境保护厅关于加强生态建设示范区工作的实施意见》，在全省12个州（市）70余个县（市、区）开展了生态创建工作，现已建成4个全国生态示范区，国家级生态乡镇16个、生态村1个，省级生态乡镇188个。西双版纳州及3县1口岸完成生态创建规划并组织实施。昆明市完成14个县（市、区）的生态创建规划并组织实施，“创建国家环保模范城”取得长足进步。

自然生态保护监管进一步加强。省政府印发了《云南省生态功能区划》，省厅正在编制《云南省重要生态功能区保护与建设规划》。开展了全省自然保护区现状调查和国家级自然保护区专项执法检查，加强自然保护区管理和规范化建设，全省已建成各级各类自然保护区162个，其中国家级16个、省级44个、州市级59个、县级43个。

#### （六）强化宣传教育，公众环境意识显著增强

环境宣教工作创新发展。先后组织开展了“构建和谐彩云南·2006环保行”；“七彩云南保护行动启动仪式”；“泛珠三角区域环保演讲大赛”；“滇西北生物多样性保护大型主题活动”；“首届七彩云南环境保护奖评选”；“生态文明大家谈”等形式多样、内容丰富的活动。《中国新闻周刊·七彩云南生态文明专刊》走进全国“两会”会场。省厅与云南电视台合办的《绿色在线》“环保辞典”栏目连续两年荣膺全国电视最高奖。截止2010年底，与教育厅、商务厅、旅游局等部门密切合作，共创建各级绿色学校2664所、绿色社区268个、绿色酒店31家；培训环保导游12000人次；创建了18个云南省环境教育基地。通过五年的努力，极大地提升了云南环保形象，促进了一批公众关注的环境热点和难点问题的解决，环境宣

教工作的先导作用得到了充分发挥，“了解自然、敬畏自然、亲近自然、保护自然”的理念深入人心。

#### （七）强基固本，环境保护能力建设进一步加强

环保建设资金投入力度加大。“十一五”，省级财政累计投入12.75亿元，积极争取国家支持10.7亿元（不含直接投向滇池治理的资金），为“十五”期间累计投入的3倍多。其中含“三大体系”能力建设资金4.5亿元（国家投入3.5亿元、省级投入1亿元）。

环境监察监测能力显著加强。为州市县环保部门累计配置执法车辆320辆、各类设备3970台（套），执法专项及辅助用房6023平方米。全省全部146个环境监察机构、99个环境监测站“硬件”基本达标，有68个环境监测站通过计量认证。水质监测和空气监测持证上岗率分别达到93%和95%。已建成省级监控中心、昆明市监控分中心及其他15个州市监控系统使用终端和会商中心，在127个重点监控企业安装了自动监控设备。在32个城市（含县城）设立222个空气、降尘、降水酸度监测点（站），16州市所在城市全部实现环境空气质量日报。设置水质监测断面（测点）345个，建成10套水环境自动监测站，水环境质量实现了月报。设置噪声测点2840个，16个州（市）均能开展交通噪声、功能区噪声和区域环境噪声等例行监测。完成了省、州市和23个区县环境监测站检测仪器的更新换代。

核与辐射安全监管能力明显增强。有8个州市环保局成立辐射科。临沧市、保山市成立了辐射环境监测站。完成了省城市放射性废物库改扩建工程。在8个州市建成32个监测点组成的省内辐射环境质量监测网络。开展了放射性化学分析，新增8个监测项目，填补了环境低本底天然核素的化学分析空白。昆明市内三家I类放射源重点监控单位周边均设置了监测点。

环境管理基础支撑能力有所提高。成立省环保专家咨询委员会和生物多样性保护专家咨询委员会。登记环保科技成果22项，其中15项获环保部和省政府科技进步奖。制定了《高原湖泊区域人工湿地技术规范》、《糖蜜酒精废醪液处置复合微生物二步发酵法》等5项地方环境标准。建成基础网络和信息公开平台建设，实现各州（市）、县级环保部门的网络覆盖。建成辐射环境动态管理信息系统、污染源普查信息系统、环保视频会议系统

等, 省水环境功能区划、自然保护区等 GIS 基础数据库陆续投入运用。2010 年度全国环保厅(局)政府网站绩效评估中省厅列第 9 位, 省厅网站 2007 年获省级部门门户网站绩效评估第 1 名, 2008 年省厅政府信息公开工作在省直部门考核中位居第 2, 并先后被评为云南省电子政务应用推广先进集体和政府信息公开优秀单位。

对外交流与合作成效显著。争取到世行贷款 1.5 亿美元, 投入昆明、文山、丽江、昭通的 21 个城市环境基础设施建设。获得亚行、联合国环境署等国际金融组织及英国、德国等 10 余个国家 550 万美元的技术援助。积极参与大湄公河次区域环境交流与合作, 多次派员参与大湄公河次区域国家举办的国际研讨培训。成功举办“生物多样性保护国际论坛”、“中英低碳经济论坛”等大型国际环保合作交流活动, 积极开展了滇沪、滇川和泛珠区域环保合作, 对外交流与合作能力进一步提高, 合作领域得到拓展。

队伍建设明显增强。“十一五”, 全省独立设置的县级环保局由 2005 年的 97 个增加为 127 个, 全省环保队伍由 3642 人增加为 4568 人。曲靖市、西双版纳州还将环保机构延伸至乡镇。五年间, 各州市县环保局选派 60 名优秀年轻业务骨干到厅机关学习锻炼。组建省环境保护厅, 成为省政府组成部门, 厅机关职能处室由 2005 年的 10 个增加为 13 个, 人员编制由 55 名增加至 87 名。省厅面向全省环保系统公开选调和向社会公开招考, 补充了 16 名公务员, 进一步优化了厅机关公务员队伍的专业结构、年龄结构。省环境监察总队纳入参公管理; 纳板河流域国家级自然保护区管理所升格为管理局(正处级); 省建设项目环境审核受理中心更名为省环境工程评估中心。组织全省首次环境监测大比武, 并组队参加全国环境监测大比武, 在全国 33 个参赛单位中取得团体第 14 名、个人三等奖的优异成绩。厅机关紧紧围绕建设学习型机关深入开展“五大建设”, 认真开展党风廉政教育和省里部署的历次教育实践活动, 指导全省环保工作的能力不断提升。

经过五年的探索, 五年的实践, 五年的拼搏, 五年的奋斗, 全省的环境质量明显好转。

——大气中二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物年均浓度均呈下降趋势。昆明、曲靖、玉溪空气环境质量位居全国 113 个环保重点城市的前列, 16 州市所在地城市环境空气质量达到或优于二级

标准的城市由 2005 年的 12 个上升至 2010 年的 15 个, 其中昆明市由 2005 年的 203 天上升为 2010 年的 365 天。

——全省酸雨频率由 2005 年的 12.8% 下降为 2010 年的 8.38%, 降幅为 35%, 全省受酸雨影响范围、频率及强度明显减少, 酸雨控制区出现酸雨的城市、频率和强度亦逐年下降。

——全省地表水环境质量逐年提高。地表水达标率由 2005 年 62% 提高到 2010 年的 66.29%。147 个监测断面中, 水质达到 I ~ III 类标准的断面有 89 个, 占全部监测断面的 61%, 与 2005 年 58% 相比上升了 3%, 水质中化学需氧量、高锰酸盐指数、生化需氧量、氨氮平均浓度均有所下降。6 条出境跨界河流水质均达到水环境功能要求。2010 年与 2005 年相比, 红河中越大桥出境断面水质由 IV 类上升为 II 类; 澜沧江关累码头出境断面水质由 III 类上升为 II 类; 怒江红旗桥出境断面水质保持 II 类; 伊洛瓦底江姐告出境断面水质除 2008 年为 III 类外, 其余年份均保持在 II 类; 金沙江三块石出省断面水质由 IV 类上升为 II 类; 南盘江舍里桥出省断面水质由劣 V 类上升为 III 类。

——主要湖泊、水库水质持续改善。水质优良比率(I ~ III 级比率)由 2005 年的 60.4% 上升到 2010 年的 71.9%。其中, 滇池 COD 平均浓度从 2005 年的 61.70 mg/L 下降到 2010 年的 50.3 mg/L, 降幅为 18.4%。

——重金属污染稳中有降。通过一系列治理措施和监管措施, 2010 年下半年阳宗海水体砷浓度一度降至最低值的 0.021 mg/L, 到达水环境功能要求。2010 年泚江流域几个水质监测断面的监测结果都明显好于往年。文山州马关县南北河、小白河水质得到根本性好转, 南北河水质由 2006 年的劣 V 类上升为 2010 年的 III 类, 近半年稳定保持在 II 类; 小白河水质由 2005 年的劣 V 类上升为 2010 年的 IV 类, 近半年稳定保持在 III 类。

在看到成绩的同时, 我们也清醒地认识到还有许多不足和差距。一是全省环保队伍的整体综合素质还不适应新形势、新任务的要求。面对日益繁重的工作任务, 还显得力不从心、疲于应付。二是改革的思路不清, 创新的欲望不强。一些地区、部门推进工作的主动性、创造性不够, 畏难情绪严重, 抗压能力不强。三是环境执法失之于宽, 失之于松。不同程度存在重审批、轻监管, 执法不严、监管不力等问题。四是环境科技对环境保护行政管理



的支撑不够。五是环保法律法规的普及宣传教育还有较大差距。上述问题，我们必须采取有效措施，在今后的工作中努力加以解决。

## 二、“十二五”环保工作任重道远

### (一)“十二五”环保规划的总体思路和框架

“十二五”，是全面建设小康社会的关键时期，是加快转变经济发展方式的攻坚时期，是我省实施新一轮西部大开发和“两强一堡”战略的黄金时期。科学编制和实施好环境保护“十二五”规划，具有十分重要的意义。目前我省“十二五”环保规划编制接近尾声，总体规划、各专项规划和前期研究已陆续基本完成。

——“十二五”环境保护的总体思路是：以党的十七届五中全会精神为统领，深入贯彻落实科学发展观，紧紧围绕争当生态文明建设排头兵和建设桥头堡的目标，以“削减总量、改善质量、建设屏障、防范风险”为主线，以解决突出环境问题为重点，完善环境法制，强化环境监管，加大环保投入，夯实工作基础，强化政府责任，鼓励公众参与，依靠科技进步，创新管理机制，着力改善重点区域环境质量，保障生态环境安全，保持我省良好的生态环境，服务全省经济社会发展大局。

——“十二五”环境保护的目标是：主要污染物排放得到持续有效控制，环境综合整治取得显著成效，环境安全得到有效保障，重点区域环境质量得到进一步改善，全省环境质量稳中有升，实现社会经济持续发展、污染排放持续下降、生态环境持续改善的良好局面。

——“十二五”环境保护的任务是：推进主要污染物减排（全过程控制污染物排放、加强水污染物削减、推进SO<sub>2</sub>和氮氧化物减排）、改善重点区域环境质量（重点流域水环境明显改善、提高环境基本公共服务质量、提高重点区域和城市环境质量、推进乡村环境公共服务体系建设、积极开展土壤污染防治）、建设西南生态安全屏障（推进以滇西北滇西南为重点的生物多样性保护、重要生态功能保护区和生态脆弱区的保护与恢复治理、生态创建）、全面提升监管能力（加强环境监管能力建设、提高固体废物安全处置及综合利用水平、加强重金属污染防治、提高辐射安全水平）、建立长效机制（加强环境法制建设、建立健全环境保护管理机制、创新环境经济政策、建立多元投融资机制、增强科技产业支撑、鼓励全民参与社会行动）。实施主要污染物减排工程、环境基础设施公共服务工程、

环境改善民生保障工程、农村环保惠民工程、重点领域环境风险防范工程、生态环境保护工程、核与辐射安全保障工程、环境监管能力基础保障人才建设工程等8大重点工程，总投资约625亿元。

### (二)“十二五”我省环保工作要坚持和把握的几个方面

“十二五”期间，全省的环保形势依然严峻复杂，环境压力、环境风险将持续增大，环境保护与建设的任务更加繁重。我们必须保持清醒的认识，并认真做好积极应对的思想准备、工作准备和人才准备。为此，全省系统要认真总结“十一五”环保工作的宝贵经验，坚持和把握好以下六个方面问题，以顺利推进“十二五”各项工作任务地完成。

——必须真正把环境保护融入全省经济社会发展的大局之中。离开了经济发展，环境保护必然是“缘木求鱼”；离开了环境保护，经济发展势必“竭泽而渔”。要坚持不懈地推进环境保护“三个历史性转变”，充分发挥环境保护在促进经济发展方式转变和经济结构调整方面的重要功能，充分发挥环境保护在提高生态文明建设水平方面的重要作用，用建设生态文明的战略眼光、战略思维来审视我省发展中的突出环境问题，推动我省环境保护事业的新发展。

——必须不断提高环境管理的质量和水平。要深化改革，创新机制，摒弃和打破传统的环境管理观念和模式，依靠科技进步与创新，把以污染防治为主转向污染防治和生态保护并重，把末端治理转向全过程防治，把点源治理转向区域、流域综合治理。切实转变作风，增强服务意识，改进服务方式，提高服务质量，强化服务能力。

——必须坚决维护人民群众的环境权益。依法加强环境监管是环境保护部门神圣职责，要秉持环保为民的理念，关注民生，心系群众，不负人民群众的重托，依法行政，严格监管，不谓权势，不怕艰险，敢于执法，善于执法，对影响和损坏人民群众健康的突出环境问题，始终保持高压态势。

——必须把组织动员全社会力量参与、支持生态文明建设作为新时期环保工作的重要基础性工程。要广泛深入地大力传播生态文明理念，普及环保法制知识，创新环境宣传教育形式，使更多的人成为“七彩云南，我的家园”的建设者、受益者。要积极争取党委政府的领导，主动与兄弟部门协调配合，团结和凝聚有志于环保事业的社会各方力量，构建环境保护的良好政治生态和牢固的群众基础。

——必须坚持重点突破全面推进的工作格局。要深化省情认识，把握复杂多变形势，抓住阶段性发展特征，紧紧抓住环保工作的重点、难点、热点，采取坚决有力的措施，破解难题，缓和热点，攻克重点，带动全局。

——必须不断提高我省环保队伍的综合素质，全面增强环保执法能力。要继续抓住国家扩大内需，加强环保投入的重大机遇，一手抓先进的环境监测预警体系和完备的环境执法监管体系建设，一手抓高素质环保人才建设工程。深入开展创先争优活动，努力建设学习型队伍，服务型机关，干事型团队，更好地为全省经济社会发展服务。

### 三、扎实做好2011年环保重点工作

2011年是“十二五”开局之年，良好的开端是成功的一半。全省环保系统要继续深入推进七彩云南保护行动，积极推动《七彩云南生态文明建设十大工程实施方案》的落实。围绕省政府确定的2011年20项重要工作和20个重大项目，主动服务于新一轮西部大开发和“两强一堡”战略的实施，做好以下重点工作：

#### （一）认真编制好“十二五”环保规划

要在总结“十一五”环保规划实施情况的基础上，编制好“十二五”环保规划（包括主要污染物总量控制规划、重点流域水污染防治规划、九湖治理规划等子规划）。规划编制的过程实际上是一个统一思想、统一认识、凝聚力量、鼓舞士气的良好机会，要面向社会，采取多种形式，广泛地听取和吸纳领导、专家、兄弟部门，基层群众的意见、建议，并认真修改完善。要按照科学发展的要求，以约束性指标为核心，以解决影响可持续发展和损害群众健康的突出问题为重点，坚持“量力而行，尽力而为”的原则，科学合理地确定“十二五”规划的目标、任务及重点项目和资金投入保障。

#### （二）扎实抓好污染减排

“十二五”期间，国家确定的主要污染物由两项扩大到四项，即COD、SO<sub>2</sub>、氨氮、氮氧化物。同时，将农业污染减排也包括在内。任务更加艰巨，形势更加严峻。为确保“十二五”主要污染物总量减排目标任务的完成和2011年同2010年相比四种污染物的排放量均下降1.5%的要求，一要抓紧制订《全省2011年度减排计划》，组织对“十一五”减排目标任务完成情况进行考核奖励表彰。二要进一步落实污染减排目标责任制。将污染减排指标纳入当地经济社会发展综合评价体系，实行

“一岗双责”，严格责任追究。三要科学合理确定各州市、各重点企业的污染排放基数和核定减排任务。各州（市）要认真做好2010年度污染源动态更新调查工作，核实污染源基本情况，真实反映各地污染物排放基数，为“十二五”减排及总量分配奠定基础。省厅将依据污染源动态更新调查基数核算的排放强度，充分考虑“桥头堡”建设和新一轮西部大开发以及省委省政府确定重点建设地区的发展空间，综合考虑全省经济发展趋势和各地减排潜力进行核定分配。四要继续强化工程减排、结构减排和管理减排三大措施。第一，重点推进现役燃煤机组低氮燃烧技术和烟气脱销工程的建设，力争到年底全面开工建设。在西双版纳、德宏、临沧、红河、普洱等橡胶产区推广天然橡胶加工废水生物接触氧化处理工艺，在各地规模化畜禽养殖场推广生物发酵床等循环治理技术。第二，继续实施结构减排，严格按照产业政策继续加大淘汰落后产能的力度。严格控制机动车尾气排放，在昆明、曲靖、玉溪、蒙自、大理等重点城市率先淘汰“黄标车”。同时要组织省内外科研院所、大专院校和企业加强污染减排先进技术、先进工艺、先进装备的研发和运用，依靠科技进步提高污染减排的效率。第三，切实解决管理减排这个薄弱环节，重点强化对现役燃煤机组和钢铁行业烧结机脱硫设施，重点强化已投运城市污水处理厂的运行监管，确保污染治理设施正常运行。全面提高综合脱硫效率以及污水处理率和负荷率。五要严格控制在污染增量。新建项目必须符合国家产业政策、行业准入条件、区域主体功能定位和环保标准要求，必须要有污染物排放指标来源。

#### （三）加强以九大高原湖泊为重点的水污染防治

认真抓好九湖“十一五”规划考核和竣工验收、审计、调试运行等各项收尾工作，组织开展九湖治理“十一五”规划执行情况终期评估。启动新一轮规划重点治理项目实施。加快推进市政排水管网雨污分流改造、截污完善工程、污水处理设施、城镇生活垃圾处置设施建设力度。积极推进入湖河道水环境综合治理。开展滇池小清河等8条河道，洱海罗时江等4条江，抚仙湖东大河等3条河，杞麓湖红旗河等2条河，阳宗海摆夷河，程海季官河等4条河，异龙湖城河等河道水环境综合整治。加快九湖沿湖494个村落环境综合整治进度，积极推进滇池东岸、抚仙湖北岸、洱海西岸、星云湖、杞麓湖、异龙湖、程海面源污染综合治理工程

建设,加大星云湖、洱海流域畜禽养殖污染防治力度。实施滇池外海主要入湖河口及星云湖、杞麓湖、异龙湖污染底泥疏浚工程。扎实推进各湖泊环湖湿地和湖滨生态带建设。加大各湖泊“退塘、退田、退房、退人”的力度。实施九湖水土流失治理、小流域治理及林业生态建设工程。创新湖泊治理资金筹措机制。积极探索建立多元化投融资机制,增强投融资平台融资功能,多渠道筹集资金。严格执行财经纪律和制度,加大资金监管力度,提高资金使用效益。全面开展九湖安全隐患排查,加强九湖流域各类污染源、污染治理设施的监管。完善九湖应急管理机制。加强重点流域水污染防治。加快“十一五”接转项目和列入2010年度的“十二五”规划部分项目的建设进度;加快沱江流域和牛栏江流域水污染防治规划项目的实施;加强重金属污染较为突出的南盘江流域、红河流域水污染防治。进一步加强集中式饮用水源地保护。按照全省主要城镇集中式饮用水水源保护区规划,切实加强集中式饮用水水源保护区的管理。对昆明松华坝水库、宝象河水库、曲靖市独木水库等存在环境隐患的饮用水源地,要加大治理力度。省政府已同意将非重点城市的饮用水水源保护区划分权限下放给各州市人民政府,各州市环保局要抓紧推进非重点城市的饮用水水源保护区的划分方案的报批工作,编制好饮用水环境保护规划,切实保障人民群众饮水安全。

#### (四) 加强重金属污染防治

要抓紧完善《云南省重金属污染综合防治规划》,认真组织落实好纳入国家和省重金属污染综合防治规划的项目。认真组织《沱江流域水污染防治规划》等涉及重金属污染防治的相关规划实施情况考核。要积极争取中央重金属污染防治专项资金的支持。各地要认真做好项目的规划和前期工作。尤其是云南省《重金属污染综合防治规划》中15个一级规划单元(东川区、五华区、安宁市、宜良县、个旧市、开远市、会泽县、陆良县、兰坪县、易门县、澄江县、腾冲县、马关县、文山县、牟定县)涉及的州市县,要按照中央专项资金申报要求,抓紧研究制定规划单元的区域综合治理方案。文山州历史遗留砷渣的综合治理项目要抓紧推进。陆良化工和牟定的铬渣治理项目、个旧片区的区域综合治理项目等,要加快项目实施,确保取得成效。进一步加强针对重金属的环境监管。各州、市环保局要在污染源普查和前一阶段重金属污染企业专项排查的基础上,全面摸清辖区内重金属

排放企业的情况,建立管理档案,加大监察监测力度,防止发生突发环境事件。重金属污染防治重点地区,如个旧市、会泽县、东川区、文山县、澜沧县等,要对区域重金属污染问题进行认真研究,找准症结所在,采取有力措施加强整治。出境跨界河流重金属超标的地区,要认真分析查找重金属超标的原因,加大对重金属污染违法企业的打击力度。昆明市要确保危废处置中心建成后能够尽早发挥作用;曲靖市、红河州要加快危废处置中心建设。各州、市都要鼓励并扶持辖区内有能力企业开展涉重金属危险废物综合处置利用工作。

#### (五) 继续抓好以滇西北滇西南为重点的生物多样性保护

要积极推进以滇西北、滇西南为重点的生物多样性保护工作。完善云南省生物多样性保护联席会议制度。指导督促《滇西北生物多样性保护行动计划》的落实。全面贯彻落实《丽江宣言》和《腾冲纲领》。举办滇西北、滇西南生物多样性保护培训班。做好云南生物多样性研究院的筹备工作。建立健全云南省生物多样性保护基金会各项运行管理制度。着手编制《云南省生物多样性保护战略与行动计划》。认真抓好2010年度中央农村环保专项资金30个项目的实施。对2008年和2009年中央农村环保“以奖促治”项目进行环境成效的评估;建立健全农村环境综合整治有关项目管理的制度;编制完成《云南省农村环境污染防治规划》,重点抓好农村集镇生活污染和规模化畜禽养殖场污染防治,并纳入减排统计考核。继续深化全省生态建设示范区工作。抓紧出台“加强生态建设示范区工作的实施意见”;普洱、临沧、德宏3州(市)要抓紧编制生态州市及生态县建设规划。建立生态建设示范区建设成效评估机制,并制定相应的跟踪考评办法。制定省级生态州(市)、生态县等四级生态创建的建设标准和考核验收程序。加强自然生态保护和监管。开展云南省自然保护区信息管理系统建设,编制完成云南省重要生态功能区保护与建设、滇西北重要生态功能保护区建设、云南省农村环境污染防治等规划。开展云南省生态环境质量评价指标体系课题研究。

#### (六) 加强环境监督管理

进一步强化环评管理。优化环评程序,确保环评质量,提高审批效率。严格依法审批,严把环保准入关口。加强试生产和竣工环保验收监管,切实改变“重审批,轻监管”的局面。全面完成我省

40个重点工业园区规划环评工作；积极开展能源、水利、交通、旅游等10个专项规划环评工作；大力推进我省电网规划、国家大型煤炭矿区总体规划环评。深入开展工程建设专项治理，严肃查处违法违规行。建立严格的环评机构监管制度。加快搭建全省建设项目动态管理信息系统平台，实现从项目环评到建成投产全过程的跟踪管理。加强环境监察执法，加大案件查处力度，确保专项行动任务的完成及挂牌督办要求的实现。继续加强环境执法后督察工作，确保典型环境违法案件处理处罚落实到位。扎实做好环境应急管理各项基础工作，积极防范并妥善处置环境突发事件，确保环境安全。畅通12369举报热线。严格落实应急值班、信息报送等工作制度。巩固辐射环境管理成效。开展临沧市临翔区锆煤伴生放射性矿开采及冶炼放射性污染治理前期工作，推动腾冲县381矿退役治理工作，加强电磁辐射环境管理。完成省级、保山市、临沧市等7个州（市）、3个县（区）辐射环境监察能力建设，力争达到《全国辐射环境监测与监察机构建设标准》的要求。建立省级各有关部门放射源监管联动机制和辐射环境日常监管工作制度。开展我省环境空气和地表水省控监测网络的点位优化调整。确保全省污染源自动监控系统正常稳定运行。不断提高全省重点污染源自动监测数据有效性审核质量。切实加强国控、省控重点企业污染源监督性监测工作，做好2011年主要污染物总量减排监测体系建设考核和重金属、跨界河流、农村环境监测等专项工作，要加大红河、藤条江、南盘江、沘江等重点流域重金属监测的力度。加强环境监测质量管理，开展全省“十一五”环境质量报告书评比活动。以创建国家环境保护模范城市及生态创建活动为载体，加强城市环境综合整治。

#### （七）认真做好科技、法规、宣教、对外合作等工作

继续加强湖泊环境的基础科研工作。积极探索国家重大水专项滇池项目、洱海项目地方政府负责制的管理和运行模式，做好“十一五”水专项“滇池项目”和“洱海项目”部分课题的验收准备工作。启动“西南高山峡谷典型跨境河流水环境监控预警与示范”课题。继续开展环保先进实用技术推广工作。充分发挥省环境保护专家咨询委员会作用，提高科学决策水平。抓好重点企业强制性清洁生产审核工作，年内完成120家企业的强制性清洁生产审核评估验收。进一步规范环保行政执法

程序，提高依法行政水平。不断提高行政处罚的可达性、威慑性、权威性和有效性。各州市要借鉴昆明市“铁腕治污”的做法，对违法排污企业实行“一次性违法排污，永久性退出市场”处罚。继续强化环境宣教工作。充分发挥各种载体的作用，努力搭建贴近群众、贴近生活、贴近人与自然和谐共处的环保宣教平台，围绕环保重点工作开展形式多样、丰富多彩的宣传教育活动。扎实推进基层绿色创建行动。扩大环保对外交流与合作。加快世行城市环境建设一期项目的建设。抓好中英合作、亚行援助示范项目的实施。进一步拓展与世行、亚行和英国、瑞典等发达国家的多边和双边合作，努力争取更多的国际援助项目。积极探索与东南亚、南亚国家开展环保合作与交流的机制。实施好《生物多样性保护廊道建设云南示范一、二期项目》等合作项目。不断提升“滇沪”、“滇川”和“泛珠”等区域环境保护合作的水平。

#### （八）继续加强环保队伍能力建设

坚持把加强能力建设作为长期的重要任务。深入开展创先争优活动，加强政风、行风及党风廉政建设，让旗帜飘起来，标杆立起来，正气树起来。严格执行廉洁从政规定，筑牢反腐倡廉防线。不断强化干部队伍建设。启动环保人才工程建设，不断提升全省环保队伍素质。加大环保基础能力建设力度和管理水平。把握国家加大“三大体系”能力建设机遇，按照国家标准建设要求，加快我省环境监测、监察能力建设；加强环保装备、应急能力和基层执法业务用房建设。积极推进我省环境信息与统计能力建设项目，加快环境信息化进程，构建数字环保。努力打造一支政治合格、作风过硬、业务精良的环保队伍

同志们，回首“十一五”，亮点纷呈，可圈可点，成绩显著，可喜可贺。展望“十二五”，充满希望，信心倍增，环保为民，大有作为。全省环保系统要理清工作思路，明确工作重点，创新工作机制，转变工作作风，迎难而上，真抓实干，全力推进七彩云南生态文明建设，促进全省经济社会发展，用优异的成绩迎接第七次全国环保大会的召开，向中国共产党建党90周年献礼。

新春佳节即将到来，我代表省环境保护厅党组，向全省环保系统广大干部职工拜年！向长期以来关心、支持我省环保工作的各级领导和社会各界拜年！祝同志们新春愉快，吉祥如意，全家幸福！

# 沈阳市生态城市建设的必然性研究

于洪存<sup>1</sup>, 贾玉鹤<sup>2</sup>

(1. 沈阳市环境保护局, 辽宁 沈阳 110011; 2. 沈阳市环境技术评估中心, 辽宁 沈阳 110014)

**摘要:**从生态城市的基本内涵出发, 详尽介绍了国内外众多城市生态城市建设规划制定情况和实施情况, 阐明了沈阳市生态城市建设的优势所在及必然性。

**关键词:**生态城市; 必然性; 研究; 沈阳

**中图分类号:** X32      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0011-04

党的“十六大”报告提出全面建设小康社会的四大目标中, 将改善生态环境作为其中之一, 第一次将生态指标提到建设小康社会的高度。作为东北地区经济、文化的中心, 沈阳市不仅应该成为区域性现代化中心城市, 更应该成为可持续发展的城市典范, 因而, 其发展走向令人瞩目。目前, 生态城市已经成为国际上城市发展的基准方向。最近, 不仅一些重点城市杭州、深圳、长沙等已经明确提出要建设生态城市的目标, 与沈阳比邻的哈尔滨、长春市也相继提出要在 20a 左右的时间建成生态城市的目标, 这对沈阳市的未来发展提出了更严峻的挑战。如何使沈阳在城市竞争中, 以特有的城市形象、城市之本立于不败, 走上可持续发展之路, 整体推进城市快速、跳跃式发展, 建设生态城市是自由之路。

## 1 生态城市的基本内涵

### 1.1 基本定位

目前, 国内外对生态城市的共识概念是: 生态城市是运用生态学原理和方法, 指导城乡发展而建立的空间布局合理, 基础设施完善, 环境整洁优美, 生活安全舒适, 物质、能量、信息高效利用, 经济发达、社会进步、生态保护三者保持高度和谐, 人与自然互惠共生的复合生态系统。生态城市是由经济、社会、自然构成的复合生态系统。其中, 自然子系统是基础, 经济子系统是条件, 社会子系统是目标。只有使经济发达、社会繁荣、生态保护三者保持高度和谐, 才能保证生态系统的结构、功能最优化, 人流、物流、资金流、信息流最通畅, 人对生态系统的调节、控制最自如<sup>[1]</sup>。

国家环保部对生态城市的基本定位是: 社会经济和生态环境协调发展, 各个领域基本符合可持续发展要求的市级行政区域。

### 1.2 主要特征

与传统城市相比, 生态城市的发展将从单纯追求经济增长的传统发展途径转向追求自然生态系统的和谐, 人和自然生态系统的和谐, 最终实现人与人和谐的发展途径<sup>[2]</sup>。因此生态城市有以下不同于传统城市的特点:

(1) 和谐性。不仅体现人和自然的和谐相处, 更体现人与人关系的和谐。要营造满足人们自身需求、文化气息浓郁、富有生机和活力的城市居住地。

(2) 整体性。生态城市不单追求环境优美或自身的经济繁荣, 而是兼顾社会、经济和环境三者的整体效益, 在整体协调的新秩序下寻求发展。生态城市建设不仅重视经济发展与生态环境协调, 更要坚持以人为本, 关注人们生活质量的提高。

(3) 持续性。生态城市是以可持续发展思想为指导的, 兼顾不同时间、空间, 合理配置资源, 公平地满足现代与后代在发展和环境方面的需要, 不因眼前的利益而以“掠夺”的方式促进城市短时的“繁荣”, 保证城市发展的健康、持续和协调。

(4) 高效性。与传统城市“高能耗”、“非循环”相比, 生态城市的运行机制是提高一切资源的利用效率, 物尽其用、地尽其利、人尽其才, 物质、能量得到多层次分级利用, 废弃物循环再生, 各行业、各部门之间共生协调。

(5) 区域性。生态建设的核心是城市, 但是生态系统具有开放性, 因此生态城市的建设必须考虑城乡之间的相互联系和相互制约, 必须建立

收稿日期: 2010-10-26

作者简介: 于洪存 (1971-), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 从事环境管理工作。

在城乡的区域平衡基础上,并表现为明显的区域特征。

因此,生态城市的主要标志是:生态环境良好并不断趋向更高水平的平衡,环境污染基本消除,自然资源得到有效保护和合理利用;稳定可靠的生态安全保障体系基本形成;环境保护法律、法规、制度得到有效的贯彻执行;以循环经济为特色的社会经济加速发展;人与自然和谐共处,生态文化初步形成;城市、乡村环境整洁优美,人民生活水平全面提高。

## 2 生态城市是城市发展的必然趋势

### 2.1 国内重点城市的发展定位大都聚焦于生态城市,表明城市间竞争已趋于生态为底牌的竞争

最近,通过到国内一些重点城市的工作调研,我们探询了一些城市发展和建设目标的脉路。1999年,上海市在城市环境保护与建设的工作长远目标中就提出,用5个3a时间将上海建成生态城市;深圳市已经基本完成了生态城市建设的总体规划研究;杭州市正在进行生态城市规划纲要的编制;哈尔滨市几年前就开始组织生态城市的规划,计划在2018年建成生态城市。

目前,这些城市有的已经成为国家环保模范城,有些正在创建过程中。其共同特点为将未来城市的发展定位于生态城市,目标明晰,显示国内对城市发展定位于生态城市已经形成共识。

### 2.2 国外发达国家的城市发展已经按照生态城市的规则进行

经历了原始农耕、工业革命的历史过程,人们终于认识到与自然和谐共存是人类赖以生存的必然。20世纪80年代,俄国人奥·延尼斯基首先提出了生态城市的概念。此后,生态城市的模式成为全球热点。

1984年,大伦敦会议要求地方政府认定并提供对具有自然保护价值场地的保护,在新的发展计划中考虑生态因素,规定人均绿地 $20\text{m}^2$ ,400m内应有一块绿地。目前伦敦拥有大面积的绿地,并形成网络,环城绿地宽达8~30km。1992年,美国在加州伯克莱实施了生态城市计划。同时期,澳大利亚、日本等都对生态城市建设制定了基本要求和标准。

1994年,澳大利亚在阿德来德发起生态城市建设计划。主要有12条原则:①恢复退化的土地;②建设项目适合于当地生物群落的特点;③开发强度与土地容量相协调,并保持开发地的生态条件;

④按生态条件有效限制城市的过度扩展;⑤优化能源利用结构,减少能源消耗,使用可更新能源、资源,促进资源再利用;⑥维持一个适当的经济发展水平;⑦提供健康与安全的生活条件;⑧提供多样的社会和社区服务活动;⑨保证社会发展公平性;⑩尊重过去的发展与建设历史,保护自然景观和人文景观;⑪倡导生态文化建设,提高居民生态意识;⑫改善自然生态系统状况。在此基础上,又制定了衡量生态城市的具体标准,目前,这一计划已全面实施。

1992年,日本建设省组织专家探讨生态城市的建设,认为至少包括三方面:①节能、循环形成系统;②水环境与水循环;③城市绿化。

巴黎、莫斯科、华沙、堪培拉、亚特兰大等现成为公认的生态城市,建设成就已经远远走在我们的前面。沈阳市的走向必须以可持续发展,以生态化的运行模式前行,才能避免走国外以前的污染与消耗资源的老路,才能避免城市发展走进死胡同。

## 3 沈阳建设生态城市的辩证

### 3.1 城市竞争的必然要求

#### 3.1.1 现状要求沈阳重新审视城市的发展定位

目前,阻碍沈阳发展的主要因素,一是粗放的传统经济模式,造成产业结构不合理,资源、能源消耗高,形成生产系统的弱势性和低效性;二是珍贵的自然资源严重匮乏、浪费与消耗,形成资源总量的亏空性;三是城市的环境污染严重,生态环境脆弱,环境容量超出承载负荷,形成总体环境的低质性。

所有这些,都严重制约着沈阳市总体的快速推进和发展。只有走生态化的发展道路,城市运行体系按照生态系统的运行规律,才能积存城市发展的底蕴,才能增加城市的发展后劲,实现快速发展。

#### 3.1.2 发展需求迫使沈阳别无选择

一是起到巨大的经营城市的宣传品牌作用。从一个污染严重的工业化城市走向人与自然交融的生态化城市本身就代表一个城市的翻天覆地的新生,一个脱胎换骨的转变。

二是有效加快与国际接轨的步伐。由于国际社会对生态城市的一致认可,使一个正在建设中的生态城市,最大的吸引力就在于可吸引大量的国际投资,极大改善投资环境,总体提升城市形象。沈阳成为可持续发展的生态城市是与国际接轨的最佳途径和捷径。

三是大力加快新工业化的发展速度,促进经济

转型。生态城市的经济建设是以生态经济为核心,最大限度减少污染和资源消耗,同时获取最大经济效益。沈阳市的工业目前仍未摆脱高消耗、高污染、低效益的发展模式,推行生态型的循环经济模式,走生态工业发展之路,将有效提升沈阳市工业生产效益,促进工业结构调整,彻底改变过去老工业基地给沈阳带来的一切严重恶果,实现工业的信息化和产业结构的整合。

四是有效推动小康社会的提前实现。生态城市的建设指标是城市的综合发展水平的体现,不单单仅是生态环境方面,还涉及经济、社会、生活质量、城市建设等方方面面。沈阳市委、市政府已经提出,要力争提前10a多时间实现小康社会的建设目标。建设生态城市将是促进这个目标实现的最好载体。

### 3.1.3 现有基础奠定沈阳市生态城市良好的基石

经过近几年的不懈努力,沈阳市已经积存了一定的发展动力,目前正处于城市快速发展的蓄发时段。

#### (1) 拥有优越的自然条件

沈阳市位于辽河流域的冲积平原上,区域内河网发达,平原边远山区与平原交界处山地均为丘陵地貌,海拔不高,处于辽宁中部城市群之首,东北地区的咽喉地带,良好的地理环境为沈阳市建设生态城市提供了广阔的发展空间。同时区域内拥有河、湖、山、森林、草原、矿等自然资源,为生态城市的建设提供了丰富的资源环境背景。

#### (2) 经济总量持续增长

近年来,沈阳市的经济一直处于高速增长阶段,年增长率始终在10%以上。经济实力的大大增强,为生态城市的建设奠定了坚实的物质基础。

#### (3) 社会文明程度日益提高

近几年来,沈阳市加大了城市建设力度,城市的面貌焕然一新,使人们对城市的发展充满了信心。同时随着生活水平的不断提高,人们开始关心周围环境对个体发展的影响,“绿色社区”、“绿色学校”、“生态环保模范小区”等系列创绿工程的提出,反映了人民群众对生态环境的日益重视,要求将自己城市建设得更美、更好的思想和观念已深入人心。市民文明程度的提高为生态城市的建设创造了广泛的群众基础。

#### (4) 环保政策法规体系逐步完善

在全面贯彻执行国家各项法律法规与政策的同时,沈阳市高度重视环境保护的政策法规制定,先

后制定了《沈阳市水污染防治条例》、《沈阳市大气环境保护条例》等十多个地方性行政法规和规章,作为国家法律、法规与政策的补充、延伸和细化。政策法规体系的不断完善,为创建生态城市提供了良好的政策基础。

(5) 环境保护成绩突出,环境质量得到显著改善

近年来,沈阳市环境保护工作得到了进一步加强,通过工业污染源的防治、重点区域的环境综合整治和一批城市环境基础设施项目的上马,使城市和部分区域的环境质量得到了显著改善,通过完成创建国家环保模范城,创建“生态市”、“国家环境建设样板城”等一系列工作,沈阳市的环境污染得到了根本控制,各项环境指标发生显著变化,生态环境得到初步改善,蓝天、碧水、绿树成荫开始变成现实,生态城市的雏形正在形成。

生态环境保护工作全面展开和环境质量的持续改善,为沈阳生态城市的建设提供了高起点的环境基础。

### 3.2 城市发展的必然所在

目前,对比国家已经颁布的生态城市的建设标准<sup>[3]</sup>,沈阳市经济发展指标、环境保护指标、社会进步指标差距很大,主要原因是沈阳市目前的生态格局不合理,生态流不畅,尚未形成生态平衡状态。

一是当前沈阳市经济总量和居民收入水平不高,自我积累能力不足;

二是自然资源利用与保护不协调,存在严重水和森林资源匮乏,森林过伐,草原过垦,湿地过毁,地下水过采,生物多样性减少,导致区域生态功能失调;

三是农村生态环境质量下降,水土流失严重,土壤有机质下降,农药和化肥导致农作物污染超标,生活污染、垃圾污染及城市其他污染向农村转移,加重农村生态环境破坏;

四是城市生态建设及基础设施建设滞后于城市发展,污染排放总量超过环境承载能力,热岛效应、温室效应、逆温现象突出,直接影响生态调节能力;

五是可持续发展意识淡薄,投入严重不足,管理体系不完善,综合决策机制不健全等。这些因素是制约沈阳市全面发展的重要因素。

## 4 小结

按照国家生态城市建设标准,沈阳市以现有的

发展速度,以超常的生态保护与建设措施,在2012年可基本达到生态市的标准。沈阳市建设生态城市具有可能性、可行性、可达性。因此,沈阳市只有针对城市发展的弊端,打破原有框架,重点突破,全面推进,平衡发展来构建沈阳生态城市的目标建设体系,才能以良好的生态环境支撑新型工业化城市的建设发展,实现老工业基地的全面振兴<sup>[4]</sup>。

参考文献:

- [1] 马交国,杨永春,刘峰. 国外生态城市建设经验及其对中国的启示 [J]. 世界地理研究, 2005, 14 (1).
- [2] 黄光宇,陈勇. 生态城市理论规划研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 黄锡坚. 深圳市可持续发展途径研究 [J]. 环境保护, 2001, (2).
- [4] 陶飞,臧树良,索丽珍,等. 沈阳市建设生态市指标及对策研究 [J]. 环境保护科学, 2004, (12).

## Research on Inevitability of Eco – city Construction in Shenyang

YU Hong – cun<sup>1</sup>, JIA Yu – he<sup>2</sup>

(1. Shenyang Environmental Protection Bureau, Shenyang Liaoning 110011 China)

**Abstract:** The plans and implementations for eco – city construction in many other cities in detail are described based on the basic connotation of the eco – city. The advantages and inevitabilities of eco – city construction in Shenyang are illustrated.

**Key words:** eco – city; inevitability; research; Shenyang



# 关注全球气候变化, 做好减灾防灾工作

胡玉之, 曾广权

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 论述了气候变化对我国社会经济的影响、对我国气候系统的影响, 极端气候事件的发生是自然气候系统周期性变化与人类活动的叠加, 我们对气候变化的适应性措施应采取“无悔”的策略, 应对灾害应成为常态。针对云南省提出提高减灾防灾能力的建议。

**关键词:** 气候变化; 减灾防灾; 建议

**中图分类号:** X21    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0015-04

近年来, 全球冬季气温变暖, 南极与北极的冰川逐渐融化, 极端气候事件频发(包括: 干旱与洪涝、沙尘暴、飓风等)已引起了人们广泛的关注。人类活动是全球气候变暖的主要原因, 这已成为国际科技界和决策层的共识。我国是发展中国家, 一方面极易受到气候变化的不利影响; 另一方面, 发展经济、改善人民生活仍是今后长时期内的首要任务。

## 1 我国气候的特点

我国是受全球季风气候影响较大的国家, 生态系统为季风驱动的生态系统。我国古代以农立国, 数千年来以相对较少的土地养活了全球 1/5 以上的人口, 其中的原因很大程度上得益于我国的季风气候。在我国北方, 受大陆性季风气候的影响, 有丰富的夏热。夏热使我国温带气候的北方有个亚热带的夏季, 使我国一年生的喜热粮棉作物和经济作物分布纬度之高, 世界上数一数二, 例如, 黑龙江还能够种水稻和玉米, 使东北成了我国最北、最主要的商品粮基地; 新疆则成为了我国最北而且是最大的棉花生产基地。我国北方冬干夏雨, 全年雨水绝大部分降在全年光照和热量最丰富的夏季。但是, 同纬度的大陆两岸地区盛行的是冬雨夏干地中海气候, 该地区全年光热资源最丰富的夏季却十分缺乏雨水, 而全年雨水最多的季节却是全年气温最低的冬季。在世界大约 15°~30°纬度上, 由于高空副热带高压的常年控制而全年少雨, 因而大陆上都形成了沙漠, 由于它们都位于回归线附近, 因而得名“回归沙漠带”。可是, 同纬度上我国淮河、秦岭以南的南方地区, 因有夏季风送雨, 因此西部森林茂密, 东部阡陌纵横, 被称为地球回归沙漠带

(纬度)中的大“绿洲”。另一方面, 季风气候也给我国带来了重大的气象灾害, 我国还成为世界上气候最敏感的地区之一, 最易受到大气环流变化的影响。因此, 关注全球气候变化具有重要意义。

## 2 气候变暖对我国经济社会的影响

### 2.1 对农牧业的影响

气候变化已经对中国的农牧业产生了一定的影响, 主要表现为物候期的提前。未来气候变化对农牧业的影响主要表现在: ①农业生产的不稳定性增加, 如果不采取适应性措施, 小麦、水稻和玉米三大作物均以减产为主。②农业生产布局和结构将出现变动, 种植制度和作物品种将发生改变。③农业生产条件发生变化, 农业成本和投资需求将大幅度增加。④潜在荒漠化趋势增大, 草原面积减少。气候变暖后, 草原区干旱出现的机率增大, 持续时间加长, 土壤肥力进一步降低, 初级生产力下降。⑤对畜牧业也将产生一定的影响, 某些家畜疾病的发病率可能提高。

### 2.2 对森林和其他生态系统的影响

气候变化已经对中国的森林和其他生态系统产生了一定的影响, 主要表现为近 50a 中国西北冰川面积减少了 21%, 西藏冻土最大减薄了 4~5m。未来气候变化将对中国森林和其他生态系统产生不同程度的影响: ①森林类型的分布北移。从南向北分布的各种类型森林向北推进, 山地森林垂直带谱向上移动, 主要造林树种将北移和上移, 主要造林树种和一些珍稀树种分布区可能缩小。②森林生产力和产量呈现不同程度的增加。森林生产力在热带、亚热带地区将增加 1%~2%, 暖温带增加 2%左右, 温带增加 5%~6%, 寒温带增加 10%左右。③森林火灾及病虫害发生的频率和强度可能增加。

④内陆湖泊和湿地加速萎缩。少数依赖冰川融水补给的高山、高原湖泊最终将缩小。⑤冰川与冻土面积将加速减少。到2050年,预计西部冰川面积将减少27%左右,青藏高原多年冻土空间分布格局将发生较大变化。⑥积雪量可能出现较大幅度减少,且年际变率显著增大。⑦将对物种多样性造成威胁,可能对大熊猫、滇金丝猴、藏羚羊和秃杉等产生较大影响。

### 2.3 对水资源的影响

气候变化已经引起了中国水资源分布的变化,主要表现为近40a来中国海河、淮河、黄河、松花江、长江、珠江六大江河的实测径流量多呈下降趋势,北方干旱、南方洪涝等极端水文事件频繁发生。中国水资源在适应气候变化方面最脆弱的地区为海河、滦河流域,其次为淮河、黄河流域,而整个内陆河地区由于干旱少雨非常脆弱。未来气候变化将对我国水资源产生较大的影响:①未来50~100a,全国多年平均径流量在北方的宁夏、甘肃等部分省(区)可能明显减少,在南方的湖北、湖南等部分省份可能显著增加,这表明气候变化将可能增加中国洪涝和干旱灾害发生的机率。②未来50~100a,中国北方地区水资源短缺形势不容乐观,特别是宁夏、甘肃等省(区)的人均水资源短缺矛盾可能加剧。③在水资源可持续开发利用的情况下,未来50~100a,全国大部分省份水资源供需基本平衡,但内蒙古、新疆、甘肃、宁夏等省(区)水资源供需矛盾可能进一步加大。

### 2.4 对海岸带的影响

气候变化已经对中国海岸带环境和生态系统产生了一定的影响,主要表现为近50a来中国沿海海平面上升有加速趋势,并造成海岸侵蚀和海水入侵,使珊瑚礁生态系统发生退化。未来气候变化将对中国的海平面及海岸带生态系统产生较大的影响:①中国沿岸海平面仍将继续上升。②发生台风和风暴潮等自然灾害的机率增大,造成海岸侵蚀及致灾程度加重。③滨海湿地、红树林和珊瑚礁等典型生态系统损害程度也将加重。

### 2.5 对其他领域的影响

气候变化可能引起热浪频率和强度的增加,由极端高温事件引起的死亡人数和严重疾病将增加。气候变化可能增加疾病的发生和传播机会,增加心血管病、疟疾、登革热和中暑等疾病发生的程度和范围,危害人类健康。同时,气候变化伴随的极端天气气候事件及其引发的气象灾害的增多,对大中

型工程项目建设的影晌加大。气候变化也可能对自然和人文旅游资源、对某些区域的旅游安全等产生重大影响。另外由于全球变暖,也将加大空调制冷电力消费的增长趋势,对保障电力供应造成更大的压力。

中国在应对气候变化方面面临着许多重大的挑战;减缓温室气体排放将使中国面临开创新型、可持续发展模式的挑战;中国以煤为主的能源结构使得中国在降低单位能源的二氧化碳排放强度方面比其他国家面临更大的困难;中国目前正在进行的大规模能源、交通、建筑等基础设施建设,如果不能及时获得先进的、有益于减缓温室气体排放的技术,则这些设施的高排放特征就会在未来几十年内存在;中国现有可供植树造林的土地多集中在荒漠化、石漠化以及自然条件较差的地区,这给植树造林和生态恢复带来巨大的挑战;气候变化对中国农业领域提高气候变化适应能力和抵御气候灾害能力提出了长期的挑战;气候变化对中国水资源开发和保护领域提高气候变化适应能力提出了长期的挑战;未来中国沿海由于海平面上升引起的海岸侵蚀、海水入侵、土壤盐渍化、河口海水倒灌等问题,对中国沿海地区应对气候变化提出了现实的挑战。

### 3 大气环流西风带北移对我国气候系统影响深远

2010年4月24日甘肃遭遇当年第三次区域性的沙尘暴天气过程。中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠化专家陈广庭研究员认为,2009年新疆、华北的大雪,2010年春季我国北方的沙尘暴、西南地区以及整个东南亚国家的干旱具有同一个原因,它们都与地球大气环流西风带的北移有关。他认为:冬季北半球西风带控制着北纬 $10^{\circ}$ ~ $50^{\circ}$ 的广大地区,在亚洲西风带受到平均海拔高度4700m以上青藏高原的阻挡,低层(云雨层)出现绕流,从高原南侧绕流的气流形成对我国的西南季风,气流经过孟加拉湾时携带水汽成云致雨。从高原北侧绕流的气流复合了北方寒潮、蒙古高压,成为中国冬季常见的冬春西北大风寒潮。2010年由于西风带的位置北移,使青藏高原南侧的绕流很弱,也就形不成降雨;而北侧绕流加强,造成寒冷、干旱和沙尘暴增多。西风带的北移仍然是全球变暖的表现形式,全球变暖使寒带缩小,热带扩大,北半球整个气候带北移。

陈广庭研究员认为,2010年的短期气候变化带有长期变化的趋势。但这并不是说西南干旱会持

续,北方沙尘暴一直要增多。所谓趋势并非直线发展,只是显示在一个长时间内的波动曲线的总趋势。人们应该对这种缓慢的变化趋势有所准备。

#### 4 极端气候事件的发生是自然气候系统周期性变化与人类活动的叠加

气候变化问题是研究难度极大的复杂问题。2010年7月9日我国正式启动了国家重大科技研究计划——全球变化研究。该项目旨在开展全球变化基础性科学研究,获取基础数据和关键的科技结论,提高我国在全球变化关键科学问题上的发言权。

目前,我国多数学者认为,在全球气候变暖这个大背景下,近年来极端气候事件的频发是自然气候系统周期性变化与人类活动的叠加,极端气候事件的发生既与自然气候系统周期性变化有关,又和自然气候系统某一时段的大气环流异常或海温异常(洋流异常)有关。

#### 5 对气候变化的适应性措施

2009年11月10日,世界自然基金会(WWF)发布了《长江流域气候变化脆弱性与适应性研究》报告。报告是国内外第一个从大流域尺度进行气候变化脆弱性和适应性研究的成果,是探索中国流域层面上气候变化适应战略的一次富有创新的尝试。

报告分析了气候变化对森林、湿地、水资源、草地、农田、河口的具体影响,发现气候变化对湿地影响最明显。气候变化导致湿地破碎化程度加剧,水温升高和水位下降已经威胁到湿地的生物多样性,而未来的气候变化将会进一步加剧长江流域湿地生态系统的脆弱性,降低生态系统的服务功能。预测长江流域未来50a地面气温可能上升1.5~2℃,极端气候事件发生的频率将呈进一步增加的趋势。

报告首席科学家、中国科学院地理科学与资源研究所研究员徐明表示:“对气候变化的适应性措施应该首先采取‘无悔’的策略,在不增加额外成本的前提下,尽量采取那些考虑了气候变化因素的措施,做到无论未来气候变化与否或怎么变化,都不后悔。如果我们现在就采取气候适应性措施,就不会付出很大的代价。”其次可采取“顺便”的策略,在其他经济社会活动所采取的措施中兼顾到适应气候变化的效果。再次要重视“本土经验”,与现代科学技术相结合,并加以提炼、总结、完善与推广,降低“误适应”的风险。此外,要用变化、发展的眼光看待气候变化的适应性,未来要及

时调整与完善现有的适应性对策。

#### 6 应对灾害应成为常态

针对2009年下半年和2010年上半年我国西南地区出现的干旱,中国科学院水资源研究中心夏军主任于2010年4月发表了他的观点,他认为:目前,尽管大家对全球变化的影响有很多争论,但一个不争的事实是,在全球变化背景下,现在与人类生存息息相关的水旱灾害正在全球和人口增加的地区进一步加剧。此次在中国西南地区遭逢大旱之际,东南亚国家也相继陷入严重干旱,西南湄公河流域国际间的水问题态势也十分严重。另外,近些年来欧洲等西方国家自然灾害的发生也很频繁。因此,夏军认为,随着全球变化所导致的水旱灾害已成为常态,应对极端水文事件也应成为常态,针对灾害的工作要成为日常的重点,应对气候变化的适应性对策研究亦应成为常态,这意味着要从心态以及管理政策上对灾害随时作好准备,拿出应对措施。

#### 7 适应气候变化,提高云南省防灾、减灾能力的建议

##### 7.1 树立科学的应对灾害的理念

(1)本着“一方水土,养活一方人”的精神,建立国家、省、地(州)市、县、乡(镇)五级政府防灾减灾体系,力争在不同的子系统内自行解决水资源平衡与粮食供给问题,如果做不到,要提出切实可行的解决方案。只有各级地方政府减灾能力提高后,才能减轻对国家层面的压力,更好地做到“大灾依靠国家,中灾依靠省、地(州)市、小灾依托县、乡(镇)”,子系统的抗灾能力提高后,国家总体抗灾能力才能得到持续提高。

(2)编制“灾后重建规划”时,要根据国情、省情、因地制宜,在满足抗震要求前提下,住房标准不宜过高。

(3)编制“气候变化的适应性措施”时,应该首先采取“无悔”的策略,在不增加额外成本的前提下,尽量采取那些考虑了气候变化因素的措施,做到无论未来气候变化与否或怎么变化都不后悔。其次可采取“顺便”的策略,在其他经济社会活动所采取的措施中兼顾到适应气候变化的效果。再次要重视“本土经验”与现代科学技术的结合,降低“误适应”的风险。

##### 7.2 保护好不同类型大区域生态系统的结构与功能

地面生态环境是大气环流的下垫面,云南省生

态环境总体上是好的,在抵御2009年下半年与2010年春季出现的百年一遇干旱中发挥了重要的作用。因此保护好不同类型大区域生态系统的结构与功能,能以优良的生态环境缓解极端气候带来的损失。

### 7.3 开展有关气候变化对云南省的预警研究

为了防患于未然,维护云南省的生态安全,开展预警研究是很有必要的。以下一些方面是首先宜开展的研究工作:

(1) 全球气候变化对云南省气候的影响预测。

(2) 气候变化对云南省工业、农业、林业、城市建设以及人民生活的影响分析。

(3) 建立生态监测系统(包括生态监测网络建设与指标体系)的研究。

(4) 全球气候变化对澜沧江—湄公河、怒江—萨尔温江、伊洛瓦底江国际河流域区气候的影响分析(比如降水带与产水量的变化等)。

(5) 对云南省现有城镇防御地质灾害、气候灾害的能力进行一次评估。

## Disaster Mitigation and Prevention by Paying Attention to Global Climate Change

HU Yu-zhi, ZENG Guang-quan

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

**Abstract:** Impacts from global climate change on society and economy in China and Chinese Climate system are summarized. The extreme climate accident is resulted from the combined action from both human activities and natural climate periodic changes. The adaptable measures that we should have are based on the idea of regretless. The disaster mitigation and prevention should be normalization. Finally, the suggestions on disaster mitigation and prevention in Yunnan are pointed out.

**Key words:** climate change; disaster mitigation and prevention; suggestion

# 城市 CO<sub>2</sub> 排放量审核方法初探

许 聪<sup>1</sup>, 韦保仁<sup>1</sup>, 田原聖隆<sup>2</sup>, 小林謙介<sup>2</sup>, 匂坂正幸<sup>2</sup>

(1. 苏州科技学院 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215011; 2. 日本产业技术综合研究所, 日本 3058569)

**摘 要:** 阐述了一个城市 CO<sub>2</sub> 排放量审核的计算方法。依据日本产业技术综合研究所开发的 NICE 模型, 将能源供应纳入计算范围, 修正了只计算能源消耗的 CO<sub>2</sub> 排放的传统方法。通过对农业、工业、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活 6 大部门二氧化碳排放量的审核, 得出该城市总的 CO<sub>2</sub> 排放量。以苏州市为例, 对苏州市 2005~2008 年 CO<sub>2</sub> 排放量进行了审核, 发现本文的计算方法对城市、工业园区等区域的 CO<sub>2</sub> 排放审核有效。

**关键词:** 电力 CO<sub>2</sub> 排放系数; 城市 CO<sub>2</sub>; 审核方法

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0019-03

据日本共同社报道, 2008 年人类活动引起的 CO<sub>2</sub> 排放量比 2007 年增加了 2%, 平均每人排放量达 1.3t, 创下历史新高。随着我国经济的快速发展, CO<sub>2</sub> 的排放量必然还将增长<sup>[1]</sup>。为了将 CO<sub>2</sub> 排放量计入国民经济发展目标, 对一个城市或一个区域进行 CO<sub>2</sub> 排放量进行审核, 就变得尤为重要。

NICE (National Integrated CO<sub>2</sub> Emission) 模型是由日本产业技术综合研究所 LCA 研究中心开发的。NICE 模型得出的结果是我们所关注的一个国家、一个地区或经济部门的 CO<sub>2</sub> 排放量。在研究对象里, CO<sub>2</sub> 的排放量取决于能源数量和使用能源的类型。在各大经济部门中, 最为普遍使用的能源是煤和石油, 其次是电。而电来自燃煤的热电站、水电站和核电站等, 由于不同类型的电站生产的电能所排放的 CO<sub>2</sub> 数量完全不同, 因此 NICE 模型就必须把电能供应列入自己的研究范围中。能源需求主要来自农业、工业、第三产业、建筑业、交通运输业和居民生活<sup>[2]</sup>。

## 1 电力 CO<sub>2</sub> 排放系数计算方法

在所有能源的 CO<sub>2</sub> 排放系数中, 只有电力供应 CO<sub>2</sub> 排放系数是需要通过一系列计算而得来的, 所以这里重点介绍电力 CO<sub>2</sub> 排放系数的计算方法。

要计算一个区域的电力 CO<sub>2</sub> 排放系数, 首先需要了解该区域的供电方式。不同的区域有不同的供电方式, 但是大致可以分为以下三种情况: 由该区域热电厂供电; 由区域电网供电; 由该区域热电

厂和区域电网共同供电。前两种情况只需要算出各自的 CO<sub>2</sub> 排放系数即可, 而第三种情况则需要将区域电网和热电厂的 CO<sub>2</sub> 排放系数进行加权平均。由于第三种情况的计算方法中包含了前两种的计算方法, 故本文重点介绍第三种供电情况, 即区域热电厂和区域电网共同供电。

### 1.1 计算热电厂和区域电网供电的电量和比例

首先需要得出该区域内热电厂供电的电量  $Q_1$ , 这个数据可以从当地的统计年鉴中查出。区域电网对该区域的供电量  $Q_2$  如果难以查阅, 可按以下公式计算: 区域电网对该区域的供电量  $Q_2 =$  该区域内总的耗电量  $Q -$  该区域内热电厂供电的电量  $Q_1$ 。而该区域内的总的耗电量是可以在统计年鉴中查阅的。

有了  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q$  之后就可以计算该区域内热电厂供电的比例  $W_1$  和区域电网供电比例  $W_2$ 。

### 1.2 计算热电厂供电 CO<sub>2</sub> 排放系数

CO<sub>2</sub> 的排放量可以由各种能源的使用量乘以相应的系数求得。表 1 列出了一些能源燃烧时的 CO<sub>2</sub> 排放系数<sup>[3]</sup>。

表 1 一些能源种类的 CO<sub>2</sub> 排放系数 (T-C/TCE)

	标准煤	焦炭	原油	石油化工产品	天然气
排放系数	0.67	0.796	0.543	0.543	0.404

首先可以从统计年鉴中查阅到该地区热电厂供电煤耗  $X_1$ , 再将  $X_1$  乘以 0.67 (标准煤的 CO<sub>2</sub> 排放系数) 可得热电厂供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数  $X$ 。

即: 二氧化碳排放总量 =  $\Sigma$  能源消耗量 <sub>$i$</sub>  × 排放系数 <sub>$i$</sub>  (1)

### 1.3 计算区域电网供电 CO<sub>2</sub> 排放系数

收稿日期: 2010-12-04

作者简介: 许聪 (1988-), 男, 江苏省靖江人, 硕士学历, 苏州科技学院环境工程专业在读研究生, 研究方向: 环境规划与管理。

由于一个区域是区域电网供电中的一部分，例如华东电网给上海、浙江、江苏、福建和安徽5个省提供电量。区域电网供电 CO<sub>2</sub> 排放系数的计算可分三步。

### 1.3.1 查阅电网各种电力的发电量和比例

通过查阅相关资料可得表2中的数值。

表2 区域电网各种电力的发电量和比例

	水电	火电	核电	风电	其他
电量	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
比例	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>

### 1.3.2 计算区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数

由于现阶段我国主要还是以火电供电为主，而火力供电的原料有煤、燃料油和天然气。根据该区域火力发电所使用的煤、燃料油和天然气的用量，计算出该地区区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数，即表3。

表3 区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数

火电供电量	火电供电煤耗	燃料比例			CO <sub>2</sub> 排放系数	
		煤	燃料油	天然气		
单位	亿 kW·h	g/kW·h	%	%	%	g-C/kW·h
地区 A						Y <sub>1</sub>

最后可以计算出区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数 Y<sub>1</sub>。

### 1.3.3 计算区域电网总供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数

根据表3中计算出的区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数 Y<sub>1</sub> 以及火电供电在区域电网中的比例 b<sub>2</sub>，可以计算出区域电网总供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数 Y。

$$Y = Y_1 \times b_2 \quad (2)$$

### 1.4 计算该区域内单位电力 CO<sub>2</sub> 排放系数

最后一步是将热电厂供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数 X 和区域电网总供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数 Y 进行加权平均，得出一个区域内单位电力 CO<sub>2</sub> 排放系数 Z。需要结合热电厂和区域电网用电量的百分比 W<sub>1</sub> 和 W<sub>2</sub>，可以计算出 Z。

$$Z = X \times W_1 + Y \times W_2 \quad (3)$$

## 2 城市 CO<sub>2</sub> 审核方法简介

一个城市的 CO<sub>2</sub> 的排放通常要考虑以下几个部门：农业、工业、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活。首先要统计出每个部门的能源消耗，并且把能源分为两种，一种是电力能源，一种是非电力能源。其中电力能源造成的 CO<sub>2</sub> 排放可以用消耗电力的千瓦数乘以计算出的区域电力 CO<sub>2</sub> 排放系数，从而得到由于城市内使用电力而造成的 CO<sub>2</sub> 排放量。非电力能源使用造成的 CO<sub>2</sub> 排放则

用消耗的某种能源的量乘以相对应的 CO<sub>2</sub> 排放系数，具体系数见表1。最后将各部门计算得到的 CO<sub>2</sub> 排放量相加，得出一个城市的 CO<sub>2</sub> 排放量。该方法可以将区域电网对该城市的外源发电而产生的 CO<sub>2</sub> 计算入内。

具体的计算步骤如下：

(1) 计算出该城市的电力 CO<sub>2</sub> 排放系数。

(2) 计算出工业部门、农业部门、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活6个部门的 CO<sub>2</sub> 排放量。由于一般城市中工业部门所产生的二氧化碳排放量较大，所以需要详细地统计工业部门的能耗品种及具体的能耗量。工业部门的 CO<sub>2</sub> 排放主要来自于煤、石油和天然气的使用，农业部门、建筑业和第三产业的 CO<sub>2</sub> 排放主要来自于电耗，交通运输业的 CO<sub>2</sub> 排放主要来自于油耗和电耗，人们生活的 CO<sub>2</sub> 排放主要来自于天然气的消耗和电耗。

(3) 将以上计算出的6个部门的 CO<sub>2</sub> 排放量相加，则得出一个城市总的 CO<sub>2</sub> 排放量。

## 3 苏州市二氧化碳的审核

以苏州市为例，利用上述方法，对2005~2008年苏州市的 CO<sub>2</sub> 进行审核。

### 3.1 苏州市电力 CO<sub>2</sub> 排放系数

首先计算苏州市2005~2008年苏州市的电力 CO<sub>2</sub> 排放系数。

#### 3.1.1 计算苏州市区域电网供电 CO<sub>2</sub> 排放系数

通过调查发现华东电网给上海、浙江、江苏、福建和安徽5个省份供电。并且2005~2007年华东电网各种电力的电量和比例可以查到。华东电网主要还是以火力发电为主，火力发电的比例占到了近90%。火力供电的原料有煤、燃料油和天然气。根据该区域火力发电所使用的煤、燃料油和天然气的用量，计算出该地区区域电网火电供电的 CO<sub>2</sub> 排放系数。由于是计算苏州市的系数，所以只选用江苏省的数值。

最后由式(2)，并结合火力发电的比例，可计算得2005~2008年华东电网电力 CO<sub>2</sub> 排放系数，见表4。

表4 华东电网电力 CO<sub>2</sub> 排放系数 (g-C/kW·h)

	火电 CO <sub>2</sub> 排放	总电力 CO <sub>2</sub> 排放
2005	236.44	208.23
2006	234.89	208.02
2007	212.64	189.42
2008	212.64	189.42

### 3.1.2 计算苏州市电力 CO<sub>2</sub> 排放系数

结合苏州市热电厂发电和区域电网发电量的比例,根据式(3),将热电厂发电的 CO<sub>2</sub> 排放系数和华东电网电力 CO<sub>2</sub> 排放系数进行加权平均,得出 2005~2008 年苏州市电力 CO<sub>2</sub> 排放系数,见表 5。

表 5 苏州市电力 CO<sub>2</sub> 排放系数

年份	耗电量 (亿 kW·h)	热电厂供电		区域电网供电		苏州电力 CO <sub>2</sub> 排放系数 g-C/kW·h
		百分比	排放系数	百分比	排放系数	
		/%	g-C/kW·h	/%	g-C/kW·h	
2005	566.04	46.41	223.11	53.59	208.23	215.14
2006	686.49	80.35	221.77	19.65	208.02	219.07
2007	807.27	85.52	217.08	14.48	189.42	213.07
2008	848.42	81.31	215.07	18.69	189.42	210.30

### 3.2 苏州市各部门的能耗

依据本文所述的方法,需分别计算出工业、农业、工业、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活 6 大部门的 CO<sub>2</sub> 排放量。首先是要统计出各部门的能耗,依据不同的能耗种类进行计算。对于农业、工业、建筑业和第三产业而言,电力消耗是主要的能耗;对工业而言,其能耗大致由煤、石油和天然气构成;对交通运输而言,需要考虑电力消耗和油耗;人民生活则需考虑电力消耗和天然气消耗<sup>[3]</sup>。

表 6 中具体的能耗数据来自苏州市统计年鉴,其中工业部门能耗统计比较复杂,由于篇幅有限没有列出(电耗单位是万 kW·h,油耗单位是万 L,天然气消耗是万 m<sup>3</sup>)。

表 6 苏州市各部门能耗

年份	农业部门		建筑业		第三产业		交通运输业		居民生活	
	电耗	电耗	电耗	电耗	电耗	电耗	油耗	电耗	天然气	
2005	29646	72794	353462	22742	43142.4	346117	15774.69			
2006	29352	64994	434373	23805	53702.4	428290	29118.98			
2007	30980	63248	506572	29214	66998.4	485385	36148.01			
2008	30956	72545	593321	37903	79363.2	566333	37347.76			

### 3.3 苏州市总的 CO<sub>2</sub> 排放量

将农业、工业、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活 6 大部门的能耗乘以相关系数并相加,则得出 2005~2008 年的苏州市 CO<sub>2</sub> 排放量。

表 7 是苏州市 6 大部门及总的苏州市 CO<sub>2</sub> 排放量,通过表 7 可知苏州市 2005~2008 年 CO<sub>2</sub> 排放量呈上升趋势。

表 7 苏州市 CO<sub>2</sub> 排放量

部门	2005	2006	2007	2008
工业	78489965	85507462	89169432	104397836
农业	233861	235771	242033	238700
建筑业	574233	522067	494129	559394
第三产业	2788272	3489130	3957627	4575098
交通运输业	802149	936962	1118355	1432123
人民生活	3041119	4013962	4504280	5102808
总计	85929599	94705354	99485856	116305959

## 4 结论

我国关于城市 CO<sub>2</sub> 的核算还处于起步阶段,本文阐述了一套计算一个城市 CO<sub>2</sub> 排放量的方法。该方法修正了传统方法在核算排放量时忽略外源发电产生的 CO<sub>2</sub> 排放量或计算不够精确的问题,并且对农业、工业、建筑业、第三产业、交通运输业和人民生活 6 大部门进行了 CO<sub>2</sub> 核算,最后得出一个城市总的 CO<sub>2</sub> 排放量。

本方法分别计算了区域发电和市区内发电的 CO<sub>2</sub> 排放系数,在这种审核方法下,市区内发电 CO<sub>2</sub> 排放系数的降低,将有效地降低城市的 CO<sub>2</sub> 排放量,这将有力地推动城市内新能源以及低碳能源的使用,为我国 CO<sub>2</sub> 减排做出贡献。本审核方法也有值得完善的地方。根据本计算方法的特点,较适宜用于省、市、县和工业园区的电力 CO<sub>2</sub> 排放系数的计算,而不适宜用于过小的区域。

#### 参考文献:

- [1] 刘焕章,常太华,刘吉臻,等. 电站锅炉温室气体排放量的计算[J]. 热能动力工程, 2007, (11).
- [2] 韦保仁. 中国能源需求与二氧化碳排放的情景分析[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [3] ZhongXiang Zhang. Can China afford to commit itself an emission cap? An economic and political analysis [J]. Energy Economics, 2000, (22).
- [4] 张丽虹,陈长虹. 调整能源结构,减少大气污染物排放[J]. 上海环境科学, 2002, 21 (9).
- [5] 国家统计局. 中国能源统计年鉴(2001-2008年)[M]. 北京: 中国统计出版社.

(下转第 32 页)

# 生态功能区环境成本的确认与计量

## ——以滇池地区为例

李红琨<sup>1</sup>, 郭楠<sup>2</sup>

(1. 云南财经大学, 云南昆明 650221; 2. 云南省环境监察总队, 云南昆明 650032)

**摘要:** 分析了滇池区域环境成本的确认标准, 并引入合适的计量方法, 计算滇池区域环境成本 (即环境污染治理资金投入情况); 同时, 分析了滇池区域环境累计成本情况及其区域农业村落环境成本规划情况, 这对滇池区域环境成本的确认与计量的形成, 具有实践性与可操作性的作用。

**关键词:** 环境成本; 确认; 计量; 环境累计成本; 成本规划; 滇池

**中图分类号:** X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0022-04

滇池区域经济的迅速发展和人口的急剧增长引起了区域土地覆盖的巨大变化, 由此造成了严重的湖泊富营养化和水资源危机, 自 20 世纪 90 年代初至今, 滇池治理已投入了上百亿元的资金, 其中“九五”期间投入 21.2 亿元, “十五”期间投入 23.3 亿元, “十一五”期间估算投资 183.3 亿元, 截至 2010 年 10 月 31 日共完成投资 131.2 亿元。虽然滇池治理已经耗费了来源于国家、省、市财政和世界银行贷款的大量资金, 滇池区域污染状况依然严峻。如何解决滇池区域生态价值的减少已成为一个需要亟待解决的问题。依赖于环境成本的确认和计量来解决这一问题不失为一种可行的解决方法。

### 1 国内外环境成本研究概况

目前, 各相关学科对环境成本都有深入的研究。首先, 环境经济学理论以福利经济学为基础, 吸收了马歇尔和庇古的外在性理论、威克塞尔和鲍恩的公益理论、威克塞尔的一般均衡理论等, 研究环境与经济的协调发展理论、方法和政策。国外典型的著作有: Joseph J Seneca (美) 和 Michael Toussing (1979 年) 合著的《环境经济学》, Julian Lowe 和 David Lewis (英) (1980 年) 合著的《环境管理经济学》, 以及美国未来资源研究所出版的环境经济学系列丛书等。国内有代表性的著作有: 张兰生等 (1992 年) 合著的《实用环境经济学》, 厉以宁与章铮 (1995 年) 合著的《环境经济学》,

王金南 (1994 年) 著的《环境经济学——理论、方法、政策》等。这些著作从经济学角度探讨了国民经济运行中的环境保护与资源重新配置问题, 立足于从宏观范围探讨环境经济问题, 涉及到环境污染治理费用、环境价值损失估计、环境污染与对受害者的赔偿、环境保护投资的费用效益分析、引入治理污染部门的投入产出分析等众多环境成本方面。

其次, 环境会计学方面也对此有很多的研究。国内外有关环境会计学研究的重要著作有: 国部克彦 (日) (1998 年) 著《环境会计》, 河野正男 (日) (1998 年) 著《生态会计论》, 山上达人 (日) 著《环境会计入门》, 汤田雅夫 (日) (1999 年) 著《德意志环境会计论》, 余绪缨 (2000 年) 著《会计大典》, 林万祥 (2001 年) 著《成本论》, 徐泓 (1998 年) 著《环境会计理论与实务研究》, 孟凡利 (1999 年) 著《环境会计研究》等。这些著作均从会计核算角度探讨了环境会计的基本问题, 包括环境资产、环境负债、环境费用、环境效益等会计要素及环境会计的目标、原则、假设等。可以言之, 各学者对环境会计研究的侧重点有所不同, 表述方式也有较大差异。环境成本在这些专著中被作为一项会计要素内容进行研究。

综上所述, 对环境成本的研究国内外已有了一定的探讨, 并且在行业性环境成本上的分析也有了尝试, 但对环境成本的认识仍未一致。目前, 生态功能区中整体环境成本的理论及实证研究, 国内外尚是一片空白。

收稿日期: 2010-12-28

作者简介: 李红琨 (1968-), 男, 云南财经大学会计学院副教授, 硕士研究生导师, 管理学博士, 研究方向: 公司财务理论与成本管理。



## 2 滇池地区环境成本的确认与计量

### 2.1 环境成本的确认

环境成本的划分并没有明确的分类标准,根据滇池具体实际活动与需要情况,将环境成本分为环境污染预防成本、环境污染治理成本、废弃物回收再利用成本和环境损失四类。

环境成本的确认,必须符合一定的标准:

(1) 环境成本的发生必须是因环境原因而引起的。环境成本的发生就是为了环境保护,为了达到环境保护法规所规定应达到的环境标准予以发生的费用。

(2) 环境成本的金额能够科学地估计。由于环境会计的特殊性及复杂性,环境成本的计量需要科学、合理地估计。

(3) 计量信息的相关性。通过计量提供的环境成本方面的会计信息能够满足信息使用者对环境会计信息的需求,从而做出重要的环境保护决策。

(4) 环境成本信息的可靠性。会计学的一般理论认为:为了使信息具有有用性,信息必须具有可靠性。当信息没有重要错误或偏向,并且能够忠实地反映其所反映或理当反映的情况以供使用者做依据时,信息就具有可靠性。

因此,滇池地区环境成本的确认,若遵循环境成本的分类与确认标准,能够更准确地反映对滇池地区的投资金额的准确度与利用情况,有利于为政府或其他单位提供更准确的会计信息,有利于其掌握滇池环境保护工程的投资与建设进度,为其进行下一步的决策提供信息。

### 2.2 环境成本的计量

环境成本计量就是指环境成本确认之后,在此基础上对环境成本有关的业务与事项的特性,采用一定的计量单位和属性,在数量和金额上进行认定、计算和最终确定的过程。

对于滇池地区环境成本的计量,引入台湾地区黄北豪教授(1998)提出的环境成本计量公式:

$$C = \sum_j \alpha_j (I + \square I_j) + \sum_i m_i \times P_i + A \times L + S + F - E$$

$C$ —年环境成本总支出;

$I$ —环境投资支出总额;

$\alpha_j$ —与环境投资有关的成本项目  $j$  (例如折旧)的百分比;

$\square I_j$ —成本项目  $j$  下在环保投资中所影响的变动额度;

$m_i$ —在  $i$  项目下与环境技术有关的消耗量 (如每年额外的用水量  $m^2$ );

$P_i$ —针对  $i$  项目下的每单位价格;

$A$ —根据环保要求所额外募用人员 (技术员、技术工人等) 的人数;

$L$ —每年每位环保人员的薪资支出;

$S$ —其他不能归项的环保支出 (如安全技术考虑下的测试及警卫支出等);

$F$ —后续环境成本支出;

$E$ —环保设备的残值及其他可回收的收益 (如环保实施后回收资源的再利用或销售)。

滇池流域的环境污染治理,要对其进行环境成本计量,必须从实际出发,从不同的项目角度对滇池流域环境污染治理进行环境成本计量,计量滇池流域环境污染治理资金实际投入情况 (见表1)。

表1 “十一五”滇池流域环境污染资金投入情况 (万元)

	投入资金				
	国家	省级	市(州)	县(区)	自筹或其他
城镇污水处理设施项目	99176	50149	45623	180	256652.12
饮用水水源地污染控制	5643	5181.60	9422.54	4254.91	1792.50
生态修复	33770	89779	75773.66	110114.98	9191.81
垃圾及粪便污染治理项目	2942	165	2658	3171.48	195599.82
入滇池河道水环境综合整治工程	59630	36020	23522.70	58153	30453.12
监督管理、研究示范	75	1829	4042.27	250	2535.92
滇池流域水污染防治规划补充项目					338600
合计	201236	183123.6	161042.42	176124.37	496225.29

从表1可以看出,国家、省、市(州)和县(区)对滇池流域环境污染的治理是非常重视的,从投资金额来看,各方投入的资金比重相差不多,但从云南省角度来看,云南省投入的资金占总投资的83.47%,重于国家对滇池流域环境污染治理的投资。自筹或其他方面所获得的资金占总投资的40.75%,所占比重分别高于国家、省、市(州)和县(区)所投入的金额,但其中的338600万元用在了国家、省、市(州)和县(区)没有投入资金的滇池流域水污染防治规划补充项目上,这部分资金占自筹或其他总额的68.24%。

### 3 滇池区域环境累计成本核算

区域环境累计成本是指以区域环境保护为目标,为降低区域内环境累计负荷指标,达到或恢复原有环境面貌的所费成本。计算区域环境累计成本的关键是根据环境与成本的关联属性应构建什么样的计量基础,这将会关系到采用何种计量模式计算

区域环境累计成本。在经济学与会计学上，对此都做了不同的解释。其本质差异是，经济学上是以测度区域环境损失为标准，而会计学上是以实际支出为标准。

区域环境累计成本的计算，经济模式上，认为环境成本是因环境状态变化而引起的，是经济上的体现，将带来的经济损失或者破坏值。其计算公式是：

$$C = E * P$$

式中：C 为环境累计成本；E 为环境状态净变化值；P 为单位环境状态变化的模拟市场价格或价值量。

由此可见，经济模式成本估算主要是以某区域一定时期前后的环境状态变化，对环境影响进行经济测度来进行的。

会计计量模式按区域内为治理环境累计污染或预防环境累计损害实际支付的所有支出为准进行计量，从而确定区域环境累计成本的数额。从应用角度看，两种计量模式是不可偏废的而是相互补充使用的。

对滇池区域环境成本的累计核算可以同时采用这两种模式，可以使两者相互补充，有利于对滇池区域环境成本的累计核算更具体、更准确。针对滇池区域环境累计成本的计算，在这里主要以滇池“十一五”期间的累计投资为主，分别以各种项目为基准，核算滇池区域环境累计成本（见表2）。

表2 “十一五”滇池流域环境污染累计投入资金情况

(万元)

	累计投入资金	累计完成投资
城镇污水处理设施项目	451780.37	307860.05
饮用水水源地污染控制	26294.15	22584.15
生态修复	318626.45	294813.21
垃圾及粪便污染治理项目	204536.30	102820.42
入滇池河道水环境综合整治工程	211828.82	200780.58
监督管理、研究示范	8482.19	8482.19
滇池流域水污染防治规划补充项目	750000	634000
合计	1971548.28	1571279.60

从表2中可以看出，用于滇池区域环境污染治理的累计投入金额最大的是滇池流域水污染防治规划补充项目，占累计总投入成本的38.04%，其次为城镇污水处理设施项目，占累计总投入成本的22.92%。累计完成投资占累计总投资的79.70%，累计完成投资率最好的、做得最到位的是监督管

理、研究示范为100%，其次是入滇池河道水环境综合整治工程，达到94.78%，不管各个项目累计完成投资率大小，主要是根据各项目的轻重缓急的实际情况而定的。

#### 4 滇池区域农业村落环境成本规划

##### 4.1 农业村落水环境的现状及特点

滇池区域农村水环境的现状，污染途径来自于以下几方面：一是农村居民的生活垃圾和生活污水；二是农村施用的农药、化肥残留物；三是农民养殖的畜禽、鱼类的排泄物；四是企业排放的废渣、废水，尤其是小化工、印染、冶炼及皮革等作坊工厂。上述污染源大大超过河流自然净化能力导致农村水环境的严重污染，同时也直接威胁着工农业供水和人们的饮水安全。

滇池区域农业村落水环境特点：分散性、社会性、群众性，治理难。

##### 4.2 农业村落水环境保护的成本规划

滇池区域农业村落水环境成本规划，要根据农业村落水环境污染源的情况，具体规划到各种项目上，对各项项目进行成本规划。涉及到的项目有：农村面源污染控制示范工程、水源区推广沼气池、测土配方施肥技术及面源减污控释化肥技术示范、畜禽养殖污染防治、水源地主要污染物减污示范工程及农村秸秆粪便资源化利用工程。

在滇池区域农业村落水环境成本规划方面的投资，主要以“十一五”期间成本规划投资为主，在农业村落水环境的各项目上成本规划投资见表3。

表3 “十一五”滇池区域农业村落水环境成本规划投资情况

(万元)

	规划	可研
农村面源污染控制示范工程	7000	
水源区推广沼气池	1000	
测土配方施肥技术及面源减污控释化肥技术示范	1700	
畜禽养殖污染防治	11400	
水源地主要污染物减污示范工程	3000	
农村秸秆粪便资源化利用工程	2000	1892.10
合计	26100	1892.10

从表3可以看出，政府对滇池区域农业村落水环境污染治理、农村面源污染的控制为了找出最佳范例，因而对此进行了示范工程，成本规划投资占农业村落水环境成本规划的26.82%；对畜禽养殖污染防治规划的投资最大，占农业村落水环境成本

规划的 43.68%，表明畜禽养殖污染防治难度大，涉及的规模大、范围广，畜禽养殖对滇池区域农业村落水环境的污染亟待防治与解决；在这六个成本规划投资项目中，只对农村秸秆粪便资源化利用工程进行了可行性研究调查、分析，得出对农村秸秆粪便资源化利用工程的投资 1892.10 万元就足以解决此项目，可以节省投资 5.40%。

## 5 结束语

我国对环境成本的介绍与认识比较晚，目前还处于起步阶段。对环境成本的系统研究还是一个崭新的课题，尤其是基于生态功能区环境成本的确认与计量，这就需要具有一定的创新性。本课题的研究是借助滇池地区生态保护和建设规划的实施契机，通过对滇池地区环境成本确认和计量的系统研究，形成基于实践的、具有可操作性的环境成本内容和计量方法；进一步从环境成本角度找到滇池地区环境污染的途径，为政府推行宏观调控、市场运

行的制度改革提供理论依据。

### 参考文献：

- [1] Stefan Schaltegger, Kaspar Muller. Corporate Environmental Accounting [M]. John Wiley&Sons, 1990.
- [2] 王立彦. 环境成本核算与环境会计体系 [J]. 经济科学, 1998, (6).
- [3] 肖序. 环境成本论 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2002.
- [4] 葛家澍. 会计信息丛书 [M]. 北京: 中国财经出版社, 2003.
- [5] 林万祥, 肖序. 环境成本管理理论 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2006.
- [6] 高磊. 浅议环境成本 [J]. 科技创新导报, 2008, (4).
- [7] 陈亮. 环境成本内涵及计量方法探析 [J]. 现代经济探讨, 2009, (8).
- [8] 过孝民, 於方, 赵越. 环境污染成本评估理论与方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [9] 岳彦斐. 完善环境成本确认和计量 [J]. 企业导刊, 2010, (5).

## Identification and Calculation of Environmental Costs of Ecological Function Areas in Dianchi Lake Basin

LI Hong - kun<sup>1</sup>, GUO Nan<sup>2</sup>

(1. Yunnan University of Finance & Economics, Kunming Yunnan 650221 China)

**Abstract:** The identification standard of environmental costs in Dianchi lake basin is analyzed as well as the feasible calculation method. The current situation of environmental cumulative costs in Dianchi lake basin and the planning of environmental costs on villages are also analyzed.

**Key words:** environmental costs; identification; measurement; cumulative environmental costs; planning of costs; Dianchi lake

# 昆明市能源活动 CO<sub>2</sub> 排放量调查研究

张大为<sup>1</sup>, 郑一新<sup>1</sup>, 支国强<sup>2</sup>, 李宗逊<sup>2</sup>

(1. 昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650032; 2. 昆明低碳城市发展研究中心, 云南 昆明 650032)

**摘要:**通过对国内外二氧化碳排放估算相关成果分析研究, 在 2008 年昆明市能源消耗调查基础上, 根据联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2006 年碳排放计算指南中的计算公式和碳排放系数缺省值, 完成昆明市能源活动二氧化碳排放总量估算, 为昆明的低碳城市建设摸清家底, 为省会城市能源活动二氧化碳排放估算提供了方法验证和实践。

**关键词:** 能源活动; 二氧化碳排放量; 调查; 研究

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0026-04

以 CO<sub>2</sub> 为代表的温室气体大量排放, 造成全球气温上升。据 IPCC《第四次评估报告 (AR4)——“气候变化 2007”》, 最近 100 年 (1906 年 ~ 2005 年) 的温度线性趋势为 0.74℃ (0.56° ~ 0.92°)<sup>[1]</sup>。全球气温升高, 对自然生态系统和人类生存环境产生了严重影响, 抑制温室气体浓度上升、减少 CO<sub>2</sub> 排放, 成为当今社会亟待解决的重大问题。

## 1 能源活动对温室效应的贡献

温室气体的源是指向大气排放温室气体、气溶胶或温室气体的任何过程或活动<sup>[2]</sup>。大量事实已证明, 由于人类活动, 大气中温室气体的浓度发生了全球尺度的变化, 其中最重要的温室气体 CO<sub>2</sub> 的体积分数已从工业革命前的  $280 \times 10^{-6}$  上升到 1999 年的  $367 \times 10^{-6}$ , 增加了 25% 以上<sup>[3]</sup>。1896 年诺贝尔化学奖获得者阿累得乌斯曾预测燃烧化石燃料会产生大量导致全球变暖的二氧化碳气体<sup>[4]</sup>。据统计, 自工业化时代以来, 由于人类活动已引起全球温室气体排放增加, 其中 1970 年至 2004 年期间增加了 70%, 而在此期间, 重要的人为温室气体——CO<sub>2</sub> 排放量增加了约 80%, 全球 CO<sub>2</sub> 浓度的增加主要是由于化石燃料的使用<sup>[5]</sup>。我国 1994 年能源活动温室气体排放量占总排放量的 74%<sup>[6]</sup>。国外相关研究表明, 中国使用能源排放的 CO<sub>2</sub>, 约占温室气体总排放量的 80%<sup>[7]</sup>。

随着全球经济复苏, 能源作为国民经济发展的重要基础物质, 其需求必将持续增加。据统计, 2007 年, 我国能源消费总量为  $2.6548 \times 10^9$  tce, 较

1978 年增长了 422.84%, 且以煤炭为主 (2005 年我国煤炭消费占能源消费总量的 69.11%<sup>[8]</sup>); 昆明作为省会城市, 是能源需求的集中地区, 据统计, 2000 ~ 2008 年全市工业企业能源消耗增长 120.76%, 年递增 15.10%<sup>[9]</sup>, 而全市对能源的需求仍在继续加大, CO<sub>2</sub> 排放总量势必持续增加, 因此摸清全市能源活动 CO<sub>2</sub> 排放情况, 是开展温室气体减排、建设“低碳昆明”的基础工作。

## 2 国内外二氧化碳排放量估算相关研究

### 2.1 相关模型、方法

#### (1) ERM—AIM/中国能源排放模型

AIM/模型由能源服务量计算、能源效率计算和服务技术选择三个模块构成, ERM—AIM/中国能源排放模型是 1994 年起能源研究所与日本国立环境研究所合作, 共同研发的 AIM/亚太地区气候变化综合评价模型中的温室气体排放模型的一个子模型。

#### (2) Logistic 模型

自然社会经济中, 许多生物量和经济量是时间  $t$  的单调增长函数  $X(t)$ , 其增长速度在前期由缓逐渐变快, 在后期又由快逐渐变慢, 最终趋于一个有限值  $K$ , 通常称为饱和值。显示在图形上, 其散点类似一条压扁了的 S 形曲线, 称之为 S 增长曲线, 相应的函数称之为 S 形增长模型<sup>[10]</sup>。

经推导, 可以得出关于该考察对象的 Logistic 模型, 即:

$$X = ax \left(1 - \frac{X}{K}\right) \begin{cases} t \geq 0 \\ X_0 = X(0) \end{cases} \text{ 经推导可得:}$$

$$X(t) = \frac{K}{1 + be^{at}}, \quad b = \frac{K - X_0}{X_0}$$

对能源消费产生 CO<sub>2</sub> 排放量逐年观测数据资

收稿日期: 2010-12-13

作者简介: 张大为 (1978-), 男, 昆明市环境科学研究院工程师、环境影响评价工程师, 天津大学环境工程系学士学位, 从事环境科学研究和环境保护治理技术研究及运用。

料用非线性回归法进行拟合, 估算出  $K = 10738$ ,  $b = 166.88$ ,  $a = 0.0404$ , 观测数据曲线和拟合曲线, 再结合上能源消费情况, 可以得到能源消费和 CO<sub>2</sub> 排放量的关系曲线。

### (3) MARKAL 模型

MARKAL 模型是动态线性规划模型, 参考能源系统为基础, 对能源系统中各种能源开采、加工、转换和分配环节以及终端用能环节进行详细的描述, 且可以考虑现有和今后的各种先进技术。国内的陈文颖、吴宗鑫等根据此模型的思想建立了中国的 MARKAL 模型, 分析得到了能源消费和 CO<sub>2</sub> 排放的宏观指标<sup>[11]</sup>。

此外, 还有由日本教授 Yoichi Kaya 于 IPCC 的一次研讨会上首次提出 Kaya 恒等式<sup>[12,13]</sup>、对数均值迪氏分解法 (logarithmic mean Divisia index method) 等方法。

## 2.2 国内二氧化碳排放相关研究

ZHANG Z X 是最早对中国碳排放进行因素分解分析的研究者之一, 他采用对数差分方法对中国 1980 年~1997 年碳排放增长的分析表明, 对中国在节能减排中“搭便车”的指责有失公平, 事实上如果没有通过政策与技术手段降低能源强度, 中国该阶段的碳排放总量会比实际值高 50%<sup>[14]</sup>; 王雪娜总结了目前能源类碳源排碳量的研究现状, 引入系统动力学的概念, 分析了系统动力学、系统思考及系统仿真的机制及其先进性, 指出了其在能源类碳源排碳量测算问题中应用的必要性和可行性, 并且针对社会能源类碳源排碳和交通运输部门的能源类碳源排碳进行了分析和建模<sup>[15]</sup>; 马忠海估算了我国煤电能源链、核电能源链和水电能源链的温室气体排放系数, 并对水电站水库水体在不同季节的温室气体排放进行了实际测量<sup>[16]</sup>; 冯相昭等利用修改后的 Kaya 恒等式对 1971 年~2005 年中国的 CO<sub>2</sub> 排放进行了无残差分解, 结果表明经济发展和人口增长是 CO<sub>2</sub> 排放增加的主要驱动因素<sup>[12]</sup>; 徐国泉等人基于碳排放量的基本等式, 采用对数平均权重 Divisia 分解法, 建立中国人均碳排放的因素分解模型, 定量分析了 1995 年~2004 年, 能源结构、能源效率和经济发展等因素变化对中国人均碳排放的影响<sup>[17]</sup>; 胡初枝等基于环境库兹涅茨曲线 (EKC) 模型, 采用平均分配余量的分解方法, 分析了 1990 年~2005 年中国碳排放的规模效应、结构效应与技术效应, 结果表明, 经济增长与碳排放之间呈现“N”型关系<sup>[18]</sup>。

## 2.3 本次调查研究选用方法

本次调查采用统计数据开展工作, 参照《IPCC 国家温室气体清单指南》中化石燃料燃烧活动的温室气体排放清单推荐编制方法进行 2008 年昆明市能源活动 CO<sub>2</sub> 排放量估算。公式如下:

$$A = a \cdot \sum_{i=1}^n C_i \cdot E_f = a \cdot \sum_{i=1}^n C_i \cdot f \cdot d_i \quad (1)$$

式 (1) 中,  $A$ —能源活动 CO<sub>2</sub> 排放总量;

$a$ —单质碳与 CO<sub>2</sub> 的分子量比;

$C_i$ —第  $i$  种能源的消费量;

$E_f$ —能源碳排放因子;

$f$ —第  $i$  种能源的单位燃料含碳量;

$d_i$ —燃烧过程氧化率。

表 1 能源消耗碳排放系数<sup>[19]</sup>

燃料	潜在排碳系数 (f) / (kg/10 <sup>6</sup> kJ)	氧化率/%
煤炭	24.78	90
原油	21.47	98
汽油	18.9	98
煤油	19.6	98
柴油	20.2	98
燃料油 (重油)	21.0	98
液化石油气	17.2	98
天然气	15.3	99

## 3 2008 年昆明市能源消耗调查及分析

2008 年昆明市能源消费主要由煤炭、石油制品、液化石油气、电力及其它构成, 共计消耗各类能源 1925.55 万 t 标准煤<sup>[19]</sup>。其中, 按能源种类划分, 化石能源消耗量最大, 为 1524.36 万 t 标准煤, 占比 79.16%; 按能源消耗是否排碳划分, 涉碳能源消耗量最大, 为 1763.45 万 t 标准煤, 占比 91.58%; 按能源品种划分, 煤炭消耗量最大, 为 1240.63 万 t 标准煤、占比 64.4% (表 2)。

表 2 2008 年昆明市能源消耗构成

能源种类	能源消费量/10 <sup>4</sup> t	折标准煤量/10 <sup>4</sup> t
煤炭	-	1240.63
柴油	119.3400	173.89
汽油	60.2600	88.67
液化石油气	8.0000	13.71
燃料油	5.0790	7.26
其他石油制品	0.1702	0.20
自产水电	15.0 × 10 <sup>8</sup> (kW·h)	18.44
自产火电	76.5 × 10 <sup>8</sup> (kW·h)	-
电网调配电力	116.9 × 10 <sup>8</sup> (kW·h)	143.67
其它能源	-	239.09

## 4 2008 年昆明市能源活动 CO<sub>2</sub> 排放估算

### 4.1 排放量估算

在2008年昆明市能源消耗调查基础上,按本调查研究选用的估算方法,计算得到调查年昆明市能源活动CO<sub>2</sub>排放量为4114.39万t。其中,化石能源使用是CO<sub>2</sub>最大的排放源,共产生CO<sub>2</sub>3556.56万t,占比为86.44%;各类能源品种中煤炭是最大的CO<sub>2</sub>排放源,共产生CO<sub>2</sub>2969.54万t,占比为72.17%(表3)。单位GDP二氧化碳排放强度约为2.741t/万元,能源消耗CO<sub>2</sub>排放系数为2.137t/t标准煤。

表3 2008年昆明市能源活动二氧化碳排放量

能源种类	CO <sub>2</sub> 排放量/10 <sup>4</sup> t
煤炭	2969.54
柴油	369.47
汽油	176.27
液化石油气	24.8
燃料油	16.04
其他石油制品	0.44
其它能源	557.83
合计	4114.39

#### 4.2 相关分析

在以上调查结果基础上,估算2008年昆明市各产业及居民能源消耗CO<sub>2</sub>排放量,其中,第二产业排放量最大,为2993.85万t;各产业内部,工业、运输邮政业排放量最大,分别为2912.54万t和590.07万t;城镇居民消费排放最大,为244.77万t(表4)。

表4 2008年昆明市各行业及生活消费能源活动CO<sub>2</sub>排放

指标名称	能源消费量 <sup>[19]</sup> /10 <sup>4</sup> tce	CO <sub>2</sub> 排放量/10 <sup>4</sup> t
第一产业小计	28.55	61.01
第二产业	工业	2912.54
	建筑业	81.31
第二产业小计	1400.96	2993.85
第三产业	运输邮政业	590.07
	批发和零售业	31.54
	住宿和餐饮业	6.07
	其它	109.33
第三产业小计	344.88	737.01
居民消费	城镇居民消费	244.77
	农村居民消费	78.24
居民消费小计	151.15	323.01
昆明市合计	1925.55	4114.39

对比2008年全国、云南省、江苏省、无锡市、昆明市的单位GDP能耗、单位GDP二氧化碳排放强度和吨标煤CO<sub>2</sub>排放系数,昆明市单位GDP能

耗好于云南省、差于全国平均水平,单位GDP碳排放强度好于云南省及全国平均、差于发达地区省市平均水平,分析对比结果反映出江苏省与云南省、无锡市与昆明市,作为发达省份、落后市域的代表,在经济、技术、科技、能源利用效率、单位能源经济产出率等各方面存在差距(表5)。

表5 不同行政区指标对比

	单位GDP能耗 /(tce/万元)	单位GDP CO <sub>2</sub> 排 放强度/(t/万元)	吨标煤 CO <sub>2</sub> 排 放系数/(t/tce)
全国	1.102	2.958	2.684
云南	1.562	3.890	2.490
昆明	1.283 <sup>[19]</sup>	2.741	2.137
江苏	0.803	2.155	2.684
无锡	0.799	2.145	2.685

能源消耗CO<sub>2</sub>排放量与能源碳排放因子E<sub>r</sub>有关,计算煤炭、柴油、汽油、液化石油气、燃料油、天然气六类能源的CO<sub>2</sub>排放系数(表6),并与E<sub>r</sub>进行比较分析可知,各类能源CO<sub>2</sub>排放系数与能源消耗碳排放因子E<sub>r</sub>呈一致关系,而E<sub>r</sub>取决于能源含碳量和燃烧过程氧化率,因此在降耗增效的前提下,使用低含碳或不含碳能源是实现碳减排的主要途径。

表6 不同能源消耗二氧化碳排放系数

能源名称	二氧化碳排放系数/(t/tce)
煤炭	2.39
柴油	2.13
汽油	1.99
液化石油气	1.81
燃料油	2.21
天然气	1.61

#### 5 结论

(1) 2008年昆明市能源消费总量为1925.55万t标准煤,化石能源消费占能源消费总量的79.16%以上,其中煤炭消费量占化石能源消费总量的81.39%。

(2) 2008年昆明市能源消费碳排放总量约为4114万t,各类能源消耗CO<sub>2</sub>排放量与能源消费构成一致,昆明市单位GDP二氧化碳排放量为2.741t/万元,高于全国平均水平;第二产业是能源消费CO<sub>2</sub>排放的主要来源。

(3) 昆明市能源消费以煤炭为主,占总量的64.43%。72.18%的CO<sub>2</sub>排放来自煤炭消费,煤炭属于高排碳能源,高碳特征明显,石油及液化石

油气消费仅占总耗能量的 15.67%，低于全国 20% 的平均水平，昆明市油气及清洁能源使用比例较低。

#### 参考文献:

- [1] IPCC. 第四次评估报告 (AR4) —— “气候变化 2007” [R].
- [2] 吕学都. 全球气候变化研究进展与展望 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [3] 王明星, 张仁健, 郑循华. 温室气体的源和汇 [J]. 气候与环境研究, 2000, 5 (1).
- [4] 牛文元. 绿色战略 [M]. 青岛: 青岛出版社, 1997.
- [5] IPCC. 气候变化 2007——综合报告 [R].
- [6] 联合国开发计划署. 中国气候变化出示国家信息通报 [R].
- [7] Roberta Quadrelli, Sierra Peterson. The energy climate challenge: Recent trends in CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion [J]. Energy Policy, 2007, (35).
- [8] 杨蕾, 李光明. 中国能源消费带来的碳排放问题与碳减排措施 [J]. 环境资源, 2008, (3).
- [9] 昆明市统计局. 昆明市统计年鉴 [R]. 2001 年~2009 年.
- [10] 邱世明, 顾培亮, 郝海. 能源消费 CO<sub>2</sub> 排放量的变化与控制分析 [J]. 煤炭学报, 2002, 27 (4).
- [11] 陈文颖, 吴宗鑫. 用 MARKAL 模型研究中国未来可持续能源发展战略 [J]. 清华大学学报, 2001, 41 (1~2).
- [12] 胡初枝, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18 (3).
- [13] Kaya Yoichi. Impact of Carbon Dioxide Emission on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios [R]. Paris: Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, IPCC, 1989.
- [14] ZHANG Z X. Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: An economic analysis and policy implications [J]. World Development, 2000, 28 (4).
- [15] 王雪娜. 我国能源类碳源排放量估算办法研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [16] 马海忠. 中国集中主要能源温室气体排放系数的比较评价研究 [D]. 北京: 中国原子能科学研究院, 2003.
- [17] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995—2004 [J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16 (6).
- [18] 冯相昭, 邹曦. 中国 CO<sub>2</sub> 排放趋势的经济分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18 (3).
- [19] 昆明市及各县 (市) 区单位 GDP 能耗等指标及有关情况的公报 [R]. 2008.
- [20] 云南省及各州 (市) 单位 GDP 能耗等指标公报 [R]. 2008.

## Investigation on Carbon Dioxide Emissions of Energy Activity in Kunming City

ZHANG Da-wei<sup>1</sup>, ZHENG Yi-xin<sup>1</sup>, ZHI Guo-qiang<sup>2</sup>, LI Zong-xun<sup>2</sup>

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

**Abstract:** Through researching the methodology of estimating the carbon dioxide emissions, the calculation methodology and carbon emission coefficients adopted by the IPCC (2006) was used to calculate the carbon dioxide emissions from the energy activity of Kunming city based on the investigation of energy consumption of Kunming city in 2008. The results provided foundational data for constructing the low Carbon city of Kunming and validated and practiced the carbon dioxide emissions calculating method in energy activity of the capital city.

**Key words:** energy activity; carbon dioxide emissions; investigation; study

# 浅谈我国生物质能发电的现状及其产生的环境问题

汪琼<sup>1</sup>, 姚美香<sup>2</sup>

(1. 西南林业大学园林学院, 云南 昆明, 650224; 2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 通过对生物质能技术发电机理的概述, 结合我国生物质能发电的现状, 分析了生物质能发电可能产生的环境问题, 提出了进行环境影响评价的必要性。

**关键词:** 生物质能; 发电; 现状; 环境问题

**中图分类号:** X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0030-03

生物质发电是利用生物质所具有的生物质能进行的发电, 是可再生能源发电的一种, 包括农林废弃物直接燃烧发电、农林废弃物气化发电、垃圾焚烧发电、垃圾填埋气发电、沼气发电。世界生物质发电起源于 20 世纪 70 年代, 当时, 世界性的石油危机爆发后, 丹麦开始积极开发清洁的可再生能源, 大力推行秸秆等生物质发电。自 1990 年以来, 生物质发电在欧美许多国家开始大发展。例如美国在利用生物质能发电方面就处于世界领先地位, 20 世纪 90 年代初, 有 1000 个左右燃木发电厂。

## 1 生物质发电的形式及机理

生物质发电有 3 种方式: ①生物质直燃发电, 就是将生物质直接作为燃料进行燃烧, 用于发电或

者热电联产。生物质直燃发电是在传统的内燃机发电技术上设备进行改型而实现的技术, 该技术基本成熟并得到规模化商品运用, 是生物质发电的主要方式; ②生物质与矿物燃料 (主要是煤的混合燃烧发电), 混合燃烧可提高物质发电的效率, 可达 35% 以上, 且当生物质比重不高于 20% 时一般不需对现有设备进行改动, 是未来生物质发电的发展方向; ③生物质气化联合循环发电。生物质气化是在高温下部分氧化的转化过程。该过程是直接向生物质通气化剂 (空气、氧气或水蒸汽), 使之在缺氧的条件下转变为小分子可燃气体的过程。该技术还不成熟, 有待于商品化。直接燃烧发电技术是生物质在锅炉中燃烧, 产生的高压过热蒸汽通过汽轮

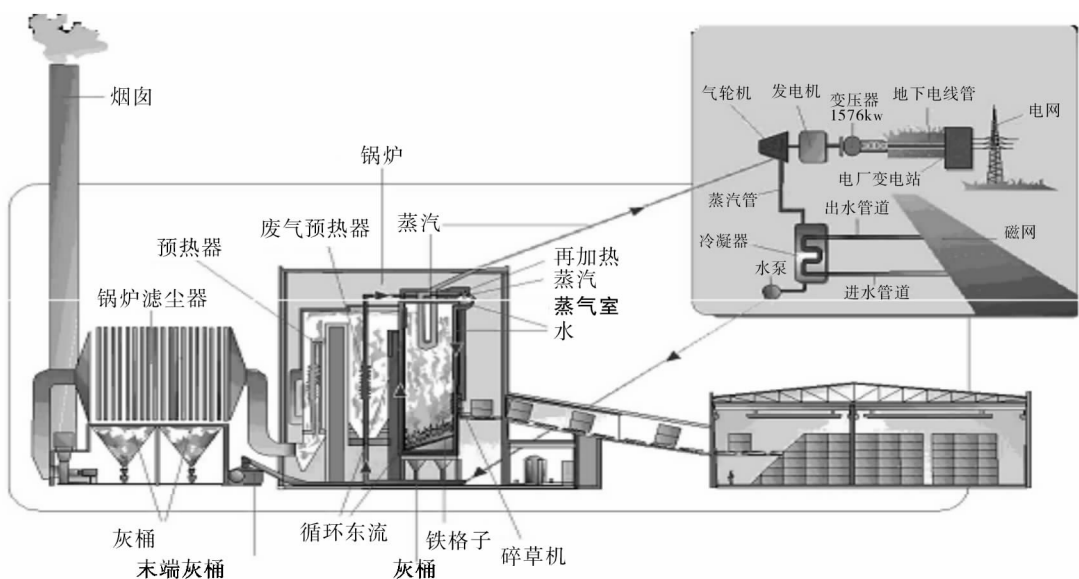


图1 秸秆发电工艺流程示意图

机的涡轮膨胀做功, 驱动发电机发电, 其发电的机理 (以秸秆为例) 见图 1。生物质气化联合循环发



电是将各种低热值固体生物质能源资源（如农林业废弃物、生活有机垃圾等）通过气化转换为燃气，再提供发电机组发电，其发电机理见图2。

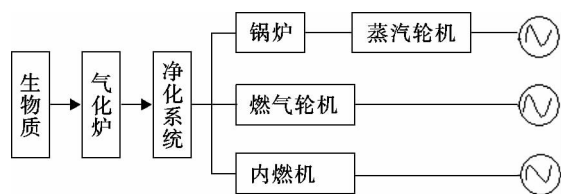


图2 生物质气化联合循环发电示意图

## 2 生物质能发电对我国经济发展的意义

从农业和社会效益的角度来看，我国废弃秸秆约有1亿t/a，折合标准煤5000万t。此外，生物质能发电能有效带动农村生产模式和用能方式的转变，有助于社会主义新农村的建设。从环境效益的角度来看，基于生物质燃料本身所具有的低灰、低硫特性，以及生物质生长、燃烧过程中的零排放机理，它在氮氧化物、二氧化硫、二氧化碳以及烟尘颗粒的排放上，分别是火电机组排放标准的1/5、1/10和1/28。与传统化石燃料相比，生物质能属于清洁燃料，燃烧后二氧化碳排放属于自然界的碳循环，不形成污染。据测算，运营1台2.5万kW的生物质发电机组，与同类型火电机组相比，可减少二氧化碳排放约10万t/a。

## 3 我国生物质能发电现状

我国是农业大国，生物质能资源非常丰富，发展生物质发电产业大有可为。预计到2020年，全国秸秆废弃量将达2亿t/a以上，折合标准煤1亿t/a，相当于煤炭大省河南1a的产煤量。中国已经开发出多种固定床和流化床气化炉，以秸秆、木屑、稻壳、树枝为原料生产燃气，年生产生物质燃气 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。2005年全国生物质能发电装机容量2000MW，山东单县25MW生物质发电项目和江苏兴化5MW生物质能发电等项目并网发电，截至2007年底，国家和各省发改委已核准生物质能发电项目87个，总装机规模220万kW。全国已建成投产的生物质直燃发电项目超过15个，在建项目30多个。目前，我国已经出台相关政策，对生物质能发电上网给予0.25元/kW·h的补贴，这无疑提高了投资生物质发电的积极性。

从总体上看，我国生物质发电产业化尚处于起步阶段，产业化和商业化程度较低，效益不乐观，市场竞争力较弱，存在如下问题：①建设和运营成本相对较高，上网电价难以支撑生物质能发电厂的正常运营；②技术开发能力和产业体系薄弱；

③存在盲目上马问题。目前，有些省份已出现了一个县、市布点多个生物质发电项目或规划多台机组的问题，造成资源浪费。

从已建成的生物质发电厂来看，暴露出了资源收集和管理方面的矛盾和问题。而生物质发电的高成本，正是由于生物质资源需要收集、运输和储存造成的，生物质发电要解决农业生产的季节性和工业生产的连续性的结合的问题。

## 4 生物质能发电产生的环境问题

尽管生物质燃料本身具有低灰、低硫特性，但是在发电过程中或多或少对环境会产生一些不利影响。

### 4.1 直接燃烧发电、混合发电技术产生的问题

以国能生物发电集团有限公司上蔡生物质发电工程秸秆燃烧发电为例，运营期主要污染因素为：①大气污染物，包括烟尘、SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的排放，灰场的环境影响，秸秆运输储存过程中的环境影响；②生产废水主要包括化学酸碱废水、锅炉排污水、堆场初期雨水、循环水冷却系统排水等；③固体废弃物，主要固体废弃物为秸秆燃烧后产生的灰渣；④工程噪声对环境的影响，建设项目噪声源主要是汽轮机、发电机、引风机、送风机、循环水泵和锅炉排汽装置，噪声处理不当可能会产生一定的影响。

表1 生物质直燃发电系统产生的环境污染量 (kg)

污染物	生物质获取	运输	电场建设	电厂运行	合计
烟粉尘	15868	8523	38334	8514	98609
SO <sub>2</sub>	6845	3676	84990	0	124548
NO <sub>x</sub>	6804	3654	16062	0	39292
CO <sub>2</sub>	3198883	1718190	5290520	31259600	61679527
废水	8311748	4464422	303127829	44180000	371900487
废渣	1316420	707078	13323109.1	0	17619553
高炉渣	0	0	875504.589	8340000	9215505

### 4.2 生物质气化联合循环发电产生的环境问题

目前，国内外在生物质气化方面仍然存在两大难题需要解决：一是气化过程中产出大量焦油无法处理，会排放一定量的化学污染物，造成光化学臭氧形成潜质和水质富营养化潜质的增大，给环境带来二次污染；二是可燃气净化技术不过关，可燃气体中仍然含有焦油、微尘和烟灰，在应用上受到严重制约。气化发电产生主要污染源排放量见表2。

表2 三种发电排放主要污染物量

排放量	直燃发电	火电	气化发电
CO <sub>2</sub> /t	4.6	10	7.70
SO <sub>2</sub> /kg	9.3	80	2.58
NO <sub>x</sub> /kg	2.9	50	1.11

## 5 结语

尽管生物质直接燃烧发电和气化发电两种系统的环境污染物排放都显著优于火电厂，但仍然会有一些量的污染物产生。因此生物质发电项目必须依

法开展环境影响评价，除生活垃圾填埋气发电及沼气发电项目编制环境影响报告表外，其他生物质发电项目应编制环境影响报告书。

# Brief Talk on the Present Status of Biomass Energy Power Generation and Environmental Problems

WANG Qiong<sup>1</sup>, YAO Mei-xiang<sup>2</sup>

(1. Southwest Forestry University, Kunming Yunnan 650224 China)

**Abstract:** The theory of biomass energy power generation is summarized. The possible environmental problems resulted from the power generation are analyzed based on the present status. The necessity of carrying out environmental impact assessment for the biomass energy power generation projects is put forward.

**Key words:** biomass energy; power generation; present status; environmental problem

(上接第 21 页)

# Study on Calculation Method of Carbon Dioxide Emission for a City

XU Cong<sup>1</sup>, WEI Bao-ren<sup>1</sup>, TAHARA Kiyotaka<sup>2</sup>, KOBAYASHI Kensuke<sup>2</sup>, SAGISAKA Masayuki<sup>2</sup>

(1. Suzhou University of Science and Technology, Suzhou Jiangsu 215011 China)

**Abstract:** A calculation method of carbon dioxide emissions for a city was studied in this paper. Based on the NICE model developed by AIST Japan, power supply was taken into account; a power carbon emission coefficient for a city was defined and calculated in a case study. The calculation work of carbon dioxide emissions in a city was defined and calculated in a case study. The calculation work of carbon dioxide emissions in a city was for six departments involving in agriculture, industry, construction, tertiary-industry, transportation and the people's living. This method amends the problem existing in traditional methods that neglect accounting the emissions of carbon dioxide produced during exogenous power. Finally, the paper took the case of Suzhou city as an example, and it is found that this calculation method is efficient to audit a city and also an industrial park.

**Key words:** CO<sub>2</sub> emission factor of electricity supply; carbon dioxide emissions of city; calculation method

# 云南省电磁辐射设备现状与环境影响分析

李明

(云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 根据调查结果, 分析了云南省广播电视发射设备, 通讯、雷达及导航发射设备, 基站设备, 工、科、医高频设备, 交通系统, 输电线路电磁辐射设备, 变电站电磁辐射设备现状和环境影响特征, 提出了防治对策和建议。

**关键词:** 电磁辐射; 设备现状; 环境影响; 云南省

**中图分类号:** X34    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0033-03

从 21 世纪开始, 人们逐渐认识到“电磁污染”是许多疾病产生的根源。癌症、神经系统疾病、心血管疾病、免疫力下降、儿童发育不良等都与“电磁污染”有千丝万缕的联系。电磁辐射不仅对公众的身体健康有潜在的、长期的影响; 对家用电器、医疗设备、军用设施等, 也有很强的干扰, 甚至会造成灾难性的后果。所以, 防治电磁辐射的污染, 是环境保护的重要内容, 也是实现可持续发展的重要手段。

## 1 云南省电磁辐射设备现状与环境影响特征

云南省电磁辐射设备(设施)分布于广播电视、通信、雷达导航发射设备, 基站设备, 工、科、医电磁设备, 交通系统, 架空输电线路系统, 变电站系统 7 大行业。到 2008 年止云南省电磁辐射设施(设备)总数量为 109516 台套, 总功率 913495529.4kW。从设备数量看, 基站设备发射设备数量是 7 类设备之最, 共 101877 台, 占所调查设备的 93.02%; 其次是通信、雷达及导航发射设备, 共 4441 台, 占所调查设备的 4.06%; 广播电视发射设备 1618 台, 占所调查设备的 1.48%。

从所调查的电磁辐射设备功率看: 占首位的是电力系统变电站的变压器, 总功率为 808945970kW, 占总功率的 88.55%; 其次是输电线路, 总功率之和为 104353000kW, 占总功率的 11.42%; 第三是通信、工、科、医电磁设备, 功率之和为 192581kW, 占总功率的 0.02%。

### 1.1 广播电视发射设备现状及环境影响特征

云南省几乎每一个县市均有广播电视发射设备, 由于各地州市发展很不平衡, 因此广播电视设备数及发射功率的分布也很不均匀。本次统计的设

备共 1618 台, 发射总功率为 483.1564kW, 分布于全省 16 个地州市。其中, 拥有设备最多的是普洱市, 共有 990 台, 占全省总台数的 61.18%; 普洱市发射功率最大, 为 127.673kW, 占全省总发射功率的 26.4%; 昆明市发射功率为 104.788kW, 占全省总发射功率的 21.69%。云南省的广播、电视电磁辐射污染具有以下特点:

(1) 定时发射。被调查的广播、电视设备, 其发射时间、时段均是固定的, 其中调频广播时间较短, 大都在晚上工作; 而广播、电视则工作时间较长, 时段多, 白天、晚上均有广播时段, 特别是广播转播台和电视差转台, 由于是转播中央台及云南台, 因此几乎是全天(夜间 1:00~6:30 有极少广播、电视台工作)工作, 而自办节目, 则主要是白天早上、下午及晚间的某些时段。其高峰发射时间主要是 19:00~23:00, 次高峰时间为 6:00~9:00。

(2) 功率固定、发射功率大、全向发射。广播、电视设备均为大功率发射, 全省平均发射功率为 0.30kW/台。这些设备在发射功率上, 还表现为发射功率固定, 在任何时间内, 均以某一特定功率进行工作。

(3) 频率固定。广播、电视发射设备在工作中总是以一定功率、全向并以一定的频率向外发射电磁波, 其发射频率为 513kHz~960MHz。

### 1.2 通信、雷达及导航发射设备现状及环境影响特征

通信系统发射设备在云南省分布极其广泛, 本次统计的设备共 4441 台, 发射总功率为 2766.1297kW, 分布于全省 16 个地州市。其中, 拥有设备最多的是昆明市, 共有 1563 台, 占全省

总台数的35.19%；发射功率最大的普洱市，其发射功率为473.508kW，占全省总发射功率的17.12%；红河哈尼族彝族自治州发射功率为320.0258kW，占全省总发射功率的11.57%；昆明市发射功率为306.586kW，占全省总发射功率的11.08%。

从使用部门上看，云南省的通信、雷达及导航发射设备集中于通讯部门、航空部门和气象部门，这些部门使用的设备不仅数量多，而且工作时间长，功率上相对于其它部门也较大。此外，这类设备在分布上随着使用部门、单位的不同也有一些区别。在通讯部门使用的设备为固定发射的装置，大多位于通讯基站，人口相对比较集中的地方，但功率小，电磁辐射污染影响虽然不是很大，但环境敏感。气象、航空所使用的雷达、导航等大功率设备一般分布在人口稀少的城郊或山区，只有极少数分布在城区或人口相对密集的地方。因此气象、航空的设备虽然功率大但影响也不是很突出。

### 1.3 基站设备现状及环境影响特征

云南省共有基站设备101877台，总功率729.09692kW。从设备数量上看，主要集中在昆明市，占总数量的49.48%。从功率上看主要分布在：昆明市：1144.04295kW，占总功率的19.76%；玉溪市：194.60808kW，占总功率的26.69%。随着社会信息化进程的快速发展，全省都有基站的分布，集中于中国移动、中国联通、中国电信和中国网通四大电信运营企业。

基站设备虽然功率小，但因数量多而且大多数都集中在城区或是人口密集的地方，其影响不可忽视，应当予以高度重视。

### 1.4 工、科、医高频设备现状及环境影响特征

目前云南省共有工、科、医电磁辐射污染源349台，总功率192581kW。从设备数量上看，主要集中在曲靖市、楚雄彝族自治州、保山市、临沧市4个地州市。从功率上看主要是分布在：玉溪市：16500kW；保山市：139925kW。云南省工、科、医电磁辐射污染具有如下特点：

(1) 地域分布极不均匀。滇中及曲靖、楚雄、保山等经济较发达的地区工、科、医电磁辐射污染源较多，边疆及经济不发达地区则较少。

(2) 工作频率范围广。与电磁辐射有关的工、科、医设备中，工作频率范围很广。

(3) 功率变化大。各种与电磁辐射有关的设备功率极其悬殊。

(4) 对外环境影响较小。与电磁辐射有关的工、科、医设备大多数置于室内，室外的大型电炉炉壁较厚，有较强的屏蔽作用，因此相对于其它电磁辐射污染源对外环境影响较小。

### 1.5 交通系统电磁辐射设备现状及环境影响特征

云南省交通系统只有电气化铁道和磁悬浮列车两类。云南省电气化铁道总共有6条，线路旅程为1158.7km，磁悬浮列车为世博园观光列车。这就导致两方面的污染：

(1) 电气化铁道附近电磁辐射的污染。电气化铁道附近主要电磁辐射污染源为牵引变电站和高压输电线，变电站内变压器有围墙阻挡，因此高压输电线即为主要污染源，公众可达到的最近距离是2m。其污染特征是呈连续线状，电气化铁道供电电网的电压为27.5kV，工作频率50Hz，且除少数路段经过城镇外，绝大部分都在人口稀疏的山野之中，因此污染的范围有限。

(2) 磁悬浮列车电磁辐射的污染。磁悬浮列车主要用于世博园旅游观光，其特点是线路不长且布置于世博园中，污染呈线状，当机车经过时才产生电磁辐射污染，故为不连续线状污染，且污染范围局限于世博园。

### 1.6 输电线路电磁辐射设备现状及环境影响特征

云南省输电线路电磁辐射污染源分省电网和地方电网两块，输电线路共计715条，输电线路长23608.354km，输电线路总功率104353000kW。从线路数量上看主要分布在昆明市、曲靖市、红河哈尼族彝族自治州、玉溪市4个地州市，占输电线路总条数的67.55%；从长度上来看主要分布在昆明市、曲靖市、大理白族自治州、临沧市4个地州，占输电线路总长度的47.21%。高压输电线附近电磁辐射污染特点是连续、呈线状分布，并且是电压高、频率低。由于云南省地处高原山区，因此输电线路大多穿行于山岭之中，人口稀少，主要污染是靠近城镇的高压输电线路。

### 1.7 变电站电磁辐射设备现状及环境影响特征

云南省变电站的变压器（含升、降压器）共510台，总功率达808945970kW。从数量上看主要分布在昆明市、红河哈尼族彝族自治州2个地州市，占变电站电磁辐射设备总数的54.12%；从功率上来看主要分布在红河哈尼族彝族自治州，占变电站电磁辐射设备总功率的97.29%。

变电站附近电磁辐射污染主要是变压器和进出的高压输电线路所造成，虽然一般变电站有围墙，

但由于变压器功率较大,因此局部环境电磁辐射污染较为突出。有的发电厂建在城市附近,其变电站的变压器和输电线路对周围环境有一定污染,如昆明发电厂和开远发电厂等。

## 2 电磁辐射污染的防治对策及建议

(1) 加强环境管理。主管部门应按《中华人民共和国环境保护法》、《电磁辐射环境保护管理办法》、GB8702-88《电磁辐射防护规定》等有关法规,加强对电磁辐射污染源的管理。对未办理环保手续的设备进行补办,对新建、扩建的电磁设备严格按环境管理程序进行申报、登记、环境评价和验收。

(2) 开展电磁辐射环境例行监测。尽快开展城市区域电磁辐射环境的监测,掌握环境电磁辐射容量,为环境管理提供依据。此次调查基本掌握了电磁辐射设备的数量、功率及分布,但电磁辐射强度是否超过国家标准,哪些属于电磁辐射重点污染源,必须通过监测才能知道,因此下步工作的重点是监测。监测仪器和方法应按照中华人民共和国环境保护行业标准 HJ/T10.2-1996《辐射环境保护管理导则电磁辐射监测仪器和方法》的规定。

(3) 科学布局通讯发射台站。由于城市及经

济发展迅速,原先符合《关于划分大中城市无线电收发信息区域和选择电台场址暂行规定》的通讯发射台站大多已被新城区和新开发的住宅小区所包围,同时城市内各个行业都建有专用的通讯发射设备。因此这些处于人口稠密区的台站电磁辐射对人群健康具有潜在的危害,而且也易造成电迅障碍,如机场和部队就反映通讯受到干扰,尤其是机场通讯干扰将给飞行安全带来极大影响。因此应在环境电磁辐射监测的基础上,科学合理规划通讯发射台站的布局,防止电磁辐射污染;对重点污染源要有计划地搬迁,不能搬迁的应采取有效的防治措施,如安装屏蔽装置等。

(4) 合理选择广播电视台台址。由于城市不断扩大,人口增长迅速,对原有广播电视台站未进行过环境影响评价者应有计划地开展电磁辐射环境监测,对环境影响较大者应搬迁。对新建者,应选择适当的台址,并按有关规定进行严格审批。

(5) 加强宣传教育。应提高全民对环境电磁辐射污染的认识,动员全社会对电磁辐射环境保护工作的参与和监督,调动各相关部门的积极性,控制和减少环境电磁辐射污染,改善我们赖以生存的环境。

# Present Status of Electromagnetic Radiation Equipment and Environmental Impact Analysis in Yunnan Province

LI Ming

(Yunnan Station of Radiation Environment Supervision, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** The electromagnetic radiation equipments in Yunnan province are investigated. The present status of all the equipments are analyzed as well as the characteristics of environmental impacts, based on which, the suggestions on prevention of electromagnetic radiation are pointed out.

**Key words:** electromagnetic radiation; present status of equipment; environmental impact; Yunnan province

# 云南省水污染 DPSIR 模型指标体系的构建

包银丽<sup>1</sup>, 马 豫<sup>2</sup>, 朱 翔<sup>2</sup>

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092; 2. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 根据云南省的水污染状况及指标选取原则建立了云南省水污染评价模型 DPSIR 的指标体系, 并初步分析了各指标的时间变化特征, 为进一步定量评估云南省水环境质量奠定了基础。

**关键词:** 水污染; DPSIR 模型; 指标体系; 云南省

**中图分类号:** X52      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0036-06

## 1 研究区域与方法

### 1.1 研究区域概况

云南省地处我国西南边陲, 地理位置为北纬 21°9' ~ 29°15'、东经 97°39' ~ 106°12', 全省国土总面积约 39 万 km<sup>2</sup>, 占全国面积的 4.11%, 在全国各省级行政区中面积排名第 8。其中山地和高原面积占 84%, 高原、丘陵占 10%, 坝子(盆地、河谷)占 6%。云南省地形地貌复杂多样, 平均海拔 2000m 左右, 最高海拔 6740m, 最低海拔 76.4m, 海拔高差较大, 地势西北向东南倾斜。气候的区域差异和垂直变化十分明显, 降雨充沛, 干湿季节明显, 年温差小, 日温差大。

云南河流众多, 水系发育, 纵横交错, 分属金沙江、珠江、红河、澜沧江、怒江、伊洛瓦底江六大水系。滇池、抚仙湖、阳宗海、杞麓湖、星云湖、异龙湖、洱海、程海、泸沽湖, 统称为云南的“九大高原湖泊”, 是云南重要的天然蓄水体。湖滨社会经济是云南最为重要的组成部分, 如围绕滇池湖滨的昆明市, 围绕洱海湖滨的大理市都是云南重要的社会经济发展中心<sup>[3]</sup>。全省境内集水面积在 100km<sup>2</sup> 以上的河流有 908 条, 其中, 省际河流 48 条, 国际河流 36 条, 地理位置非常特殊。

### 1.2 研究方法

DPSIR (Driving Forces - Pressure - State - Impact - Response) 框架模型是欧洲环境组织 (EEA) 为综合分析和描述环境问题及其与社会发展的关系而发展起来的。该模型涵盖经济、社会、环境三大要素, 不仅表明了社会、经济发展和人类行为对环境的影响, 也表明了人类行为及其最终导

致的环境状态对社会的反馈。这些反馈是由社会为应对环境状态变化以及由此造成对人类生存环境不利的影响而采取的措施组成<sup>[1]</sup>。运用 DPSIR 模型探究造成区域环境变化的间接、潜在原因和相关关系, 对环境污染方面就社会需求及经济增长产生驱动力 (D), 人类活动给环境和自然资源施加直接驱动 (P), 以至于改变环境与自然资源的状态 (S), 反过来又对人类健康和社会经济结构带来影响 (I), 人类社会再通过环境、经济等政策、决策或管理措施对这些状态变化和影响做出响应 (R), 减缓对环境的压力, 实现可持续发展。

## 2 指标体系

### 2.1 指标体系的建立

参照 OECD 环境绩效评估 (EPA) 和 GMS 环境绩效评估 (EPA) 指标选取原则, 提出水污染评估指标体系构建的基本原则为政策导向性 (要与环境政策导向一致, 要反映环境政策执行的效果), 科学性 (应当选取那些包含信息最多的指标), 可获得性 (指标比较容易通过现有资源整合而得到), 连续性 (能形成一个时间序列, 能反映一个历史时期以来的变化), 代表性和针对性 (指标选择要区分主次, 突出重要问题)。依据上述原则构建云南省水污染 DPSIR 模型评价指标体系框架如图 1。

对云南省水污染问题, 选取了 14 个指标进行评价分析。其中驱动力因子中选择单位 GDP 用水量、农田灌溉亩均用水量、人均生活用水量、单位 GDP 化学需氧量指标来体现用水量对水污染的驱动; 云南省水污染的主要压力是在社会经济生活中产生的污水、废水和水污染物的排放量。设计了 4 个压力因子指标: 化学需氧量排放总量、工业废水排放量、城市污水排放量和农田灌溉弃水带来的氮

收稿日期: 2010-11-16

基金项目: 大湄公河次区域核心环境项目 - 云南示范项目监测、总结和宣传。

当量。水污染的状态因子所表述的是云南省水环境在资源量和水质方面的情况。主要指标是云南省水资源总量和人均资源量、河湖水质良好率（用以描述云南省地表水水质状况）。影响指标选取了主要集

中式饮用水源地满足水质要求率来说明水污染对云南省的影响。响应指标主要选择了城镇污水排放量及集中处理率、工业废水重复利用率、工业污水处理投资指标来说明云南省对水污染的应对措施等。

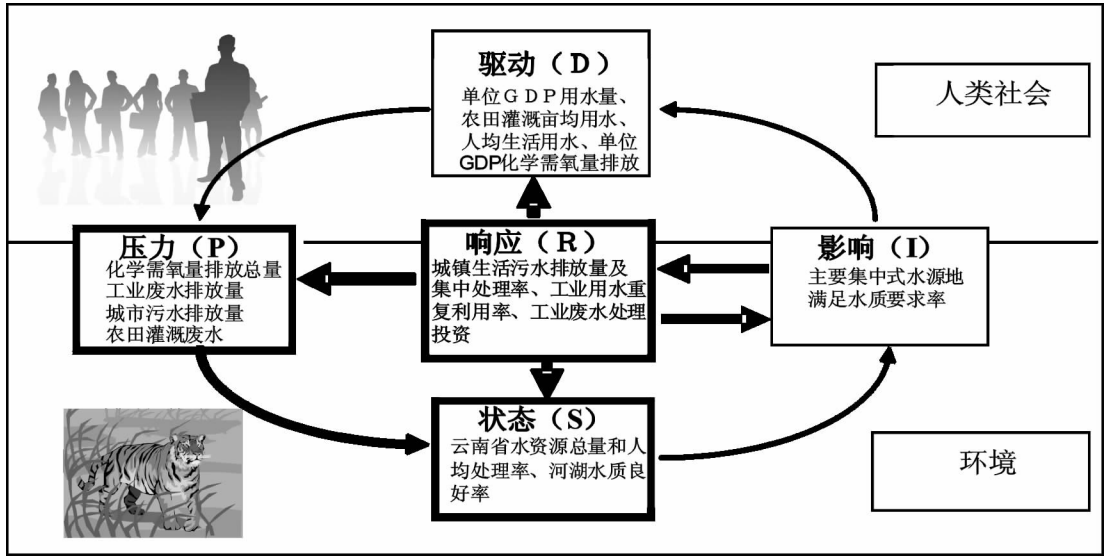
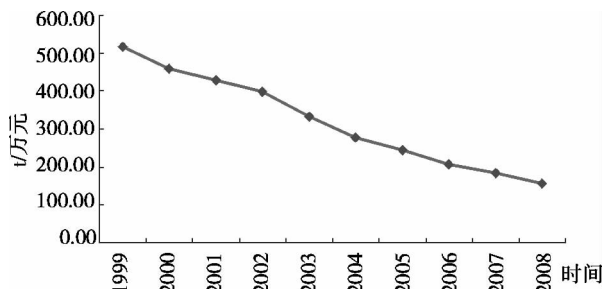


图1 云南省水污染DPSIR模型框架

## 2.2 指标体系分析

### 2.2.1 驱动力指标

水污染问题的驱动因子是指对水污染没有产生直接的影响，但是却间接地对水资源的利用强度和污染排放情况形成压力的影响因素。单位GDP用水量是反映经济发展与水资源消耗的重要指标。用水量按水利部门的定义，指河道外用水量，即用于农业生产、工业生产、生活用水等方面，但不包括用于水力发电的水资源量。单位GDP用水量即指创造一个单位的GDP（本指标中用万元GDP），农业、工业和生活等方面所消费的水资源量。



(数据来源：云南省水资源公报、云南省统计年鉴)

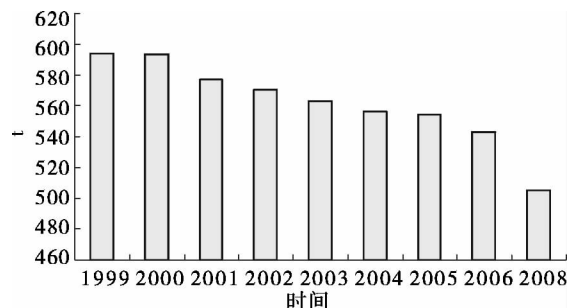
图2 云南省单位GDP用水量 (1999~2008)

从图2可以看出，1999~2008年，云南省的GDP从1899.82亿元增长到5700.1亿元，用水量从148亿t增加到153亿t，相应的单位GDP用水量从515t/万元降到156t/万元，下降了一半还多。

但绝对用水量的上升趋势，表明造成水污染问题的驱动因素还在加强。

从图3可以看出，1999~2008年，云南省农田灌溉亩均用水量从594t/亩降到505t/亩，下降了17%。云南省农田面积从658万hm<sup>2</sup>减少到607万hm<sup>2</sup>，但农田亩均化肥使用从2001年的13.50kg/亩增加到2007年的18.19kg/亩（见表1），灌溉用水量总量上有所减少，但弃水带来污染物的压力依然巨大。

2008年，云南省农业用水占到整个用水量的70%以上，据朱兆良等《中国农业面源控制对策》的研究，化肥氮有5%进入径流。农田的大用水量合并化肥的流失，可以说农业面源污染是造成云南省水质变化的重要因子之一。



(数据来源：云南省水资源公报)

图3 云南省农田灌溉亩均用水量 (1999~2006)

表1 全省农田亩均化肥施用量 (2001~2007年)

评估年限	化肥施用量 (折纯量)/t	主要农作物播种 总面积/亩	农田亩均化肥施 用量/kg·亩 <sup>-1</sup>
2001	1200436	88944750	13.50
2005	1426516	90806850	15.71
2006	1483600	87359500	16.98
2007	1582661	87028500	18.19

数据来源: 云南统计年鉴

1990~2007年, 云南省总人口从3730.6万人增加到4543万人, 增长了近22%。人均用水的情况城镇和农村有所不同, 见表2。可见1999~2003年城镇、农村人均生活用水量都有一定下降, 但2003年以后基本保持稳定, 农村人均用水量维持在62L/d, 城市在130L/d。2006、2007年后, 农村用水有小幅反弹, 城镇人均用水则在2008年有了比较显著的下降。但人口总数快速增长的势头表明云南省水环境污染来自生活用水方面的压力呈增长趋势。

表2 云南省人均生活用水量 (1999~2008)

评估 年限	人口/万人		人均生活用水量/L·(人d) <sup>-1</sup>	
	农村	城镇	农村	城镇
1999	1991.3	2201.1	74	188
2000	3250.9	990.6	72	181
2001	3221.4	1066.0	71	146
2002	3206.1	1127.0	68	154
2003	3211.7	1163.9	62	134
2004	3174.5	1240.7	62	130
2005	3137.5	1312.9	62	130
2006	3115.7	1367.3	64	135
2007	3087.6	1426.4	68	131
2008	3043.8	1499.2	70	117

数据来源: 云南省水资源公报 (1997~2007), 云南省统计年鉴。

2008年, 生活用水占到整个用水量约10%的份额, 由于生活污水处理水平低下, 尤其是城镇生活污水 (详见水污染问题响应因子城镇生活污水集中处理率) 集中处理能力不足, 生活用水也是驱动云南省水质变化的主要因子之一。

从2006年10月1日起, 云南省用水定额标准开始实施。云南省《用水定额》地方标准中的477项用水定额值, 涉及农业灌溉用水、工矿企业用水、农村人畜用水、城镇绿化用水及城镇居民用水等。云南省城镇居民每人每天用水定额为100~150L, 托儿所每人每天用水定额为40L, 热带地区农村居民每人每天用水定额为65~85L。

1997~2008年, 云南省GDP增长了近两倍, 但COD排放总量除了1999年以前维持42万t左右的

水平, 2000年以后是一个缓慢减少的趋势, 基本维持在29万t的水平。相应地, 单位GDP化学需氧量排放呈明显的下降趋势。可见云南省在确保经济增长的同时, 注重了提高水资源的使用效率。

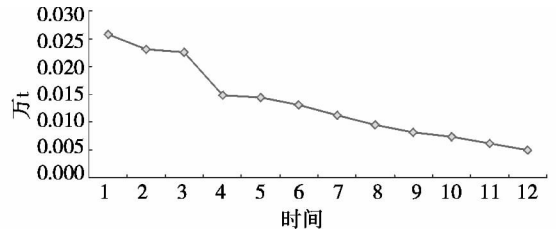


图4 云南省单位GDP化学需氧量排放 (1997~2008)

云南省环境保护“十一五”规划对单位GDP化学需氧量排放设定了<6.1kg/万元的目标, 到2007年已经基本实现。云南省环境保护“十一五”规划还对化学需氧量设定了控制在27.6万t的目标, 2008年是28.5万t, 若按2003~2008年的趋势看, 可能在2010年实现目标, 但有一定困难。

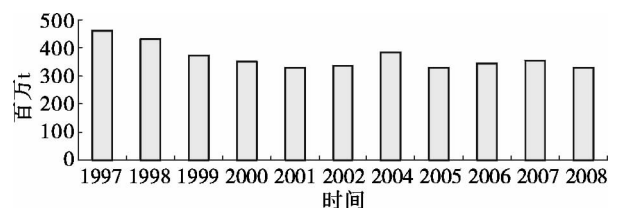
### 2.2.2 压力指标

水污染的压力因子指的是在社会经济生活中污水、废水和水污染物的排放量。

化学需氧量是以化学方法测量水样中需要被氧化的还原性物质的量, 以mg/L表示。它反映了水中受还原性物质污染的程度。化学需氧量是水中有机物相对含量的综合指标之一。COD值越高, 表示水中有机污染物污染越重。全省各项生产生活排放的化学需氧量总和即化学需氧量排放总量。云南省水污染来自COD排放的压力处于一个相对稳定的状态。

工业废水排放量, 指来自工业企业在生产过程中排放的废水。从图5可见1997~2008年, 云南省的工业废水排放量从4.6亿t减少到3.3亿t。

数据表明, 云南省工业废水排放经历20世纪后期的显著下降后, 进入21世纪以来保持一个相对稳定的量。来自工业废水排放对云南省水环境污染问题的压力从污水排放量看, 基本保持稳定。但由于缺乏污水污染物浓度数据方面的资料, 来自工业的污染物排放量尚未清楚。

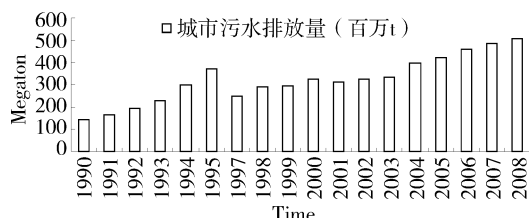


数据来源: 云南省环境状况公报 (1997~2008年)

图5 云南省工业废水排放量 (1997~2008年)



城市污水排放量指来自城市生活排放的废水, 1997~2008年, 云南省城市污水的排放量从1.45亿t增加到5.09亿t。



数据来源: 云南省环境状况公报 (1997~2008年)

图6 云南省城市污水排放总量 (1990~2008年)

指标变化表明, 云南省城市污水排放总量一直保持增长的态势, 对水污染问题形成的压力呈增加趋势。

据朱兆良等 (2006) 的研究, 农田施肥的氮有5%进入水体。以这个比例计算, 1999~2007年, 农田灌溉废水带入水体的氮当量变化见表3。

表3 农田灌溉弃水带入水体的氮当量 (2001~2007) (t)

评估年限	全省化肥施用量 (折纯量)	折算氮当量	进入水体的 氮当量
2001	1200436	700905	35045
2005	1426516	799170	39959
2006	1483600	-	-
2007	1582661	866255	43313

数据来源: 云南省统计年鉴 (2008年)。

化肥施用量 (折纯量) 是指把氮肥、磷肥、钾肥分别按含氮、含五氧化二磷、含氧化钾的百分之百成份进行折算后的数量, 氮肥施用量即为氮当量。农田灌溉弃水带入水体的氮当量不断上升, 可见, 农田灌溉形成的污染压力还在不断增强。

为缓解农业灌溉带来的水污染压力, 云南省提倡农业测土施肥, 推广使用复合肥、有机肥等, 提倡节水农业、清洁生产等措施。因缺乏系统的跟踪和监测, 实际效果不能说清。

### 2.2.3 状态指标

水污染的状态因子所表述的是云南省水环境在资源量和水质方面的情况。

水资源总量指的是当地降水形成的地表、地下水产量, 不包括地表水和地下水重复计算量及过境水量。

1999~2008年数据表明, 云南省水资源总量和人均占有量呈波动中有所下降的趋势。在中国, 云南在水资源总量上排名第三, 属于水资源丰富的省份之一。但云南水资源存在空间分布严重不均的问题, 例如, 昆明市人均水资源量只有1111m<sup>3</sup>,

滇池流域人均287m<sup>3</sup>, 是全国最缺水的14个地区之一。

表4 水资源总量和人均水资源量 (1999~2007)

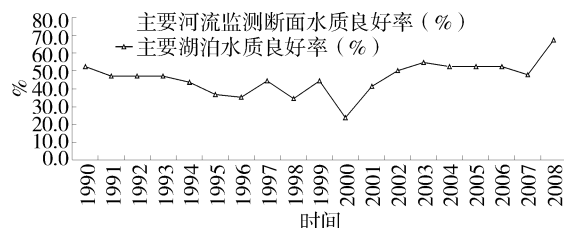
评估年限	全省水资源总量/亿 m <sup>3</sup>	人均水资源量/m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>
1999	2497	-
2000	2452	5782.0
2001	2566	5984.1
2002	2309	-
2003	1699	3884.0
2004	2106	4771.0
2005	1846	4149.0
2006	1712	3800.0
2007	2256	4996.0
2008	2315	5095.0

数据来源: 云南省水资源公报 (1999~2008)。

河湖水质良好率用以描述云南省地表水水质状况。内容上包括河流监测断面水质良好率 (指在云南省全部河流监测断面中, 监测结果表明河流水质属于良好的断面占全省监测断面总数的百分比) 和主要湖泊水质良好率 (指在全部湖泊监测点中, 监测结果表明湖泊水质属于良好, 即达到国家地表水质 III 类标准以上级别的点位占总监测点位的百分比)。

1990~2008年河湖水质良好率的情况见图7。

云南省主要河流水质监测断面水质良好率在2001年以前一直维持在20%~40%的较低水平; 2002~2004年得到较快提升, 2004~2007年相对稳定在50%以上。而主要河流监测断面中, 受污染 (IV~V类标准) 的断面占23.3%, 污染严重 (劣于V类标准) 的断面占23.4%。主要湖泊水质良好率变化的变化趋势与河流基本同步, 云南省主要湖泊水质良好率1990~2001年经历了一个逐年下降的趋势, 2001~2003年有所好转, 2003~2007年保持相对稳定, 但最多也就维持在50%左右。一半以上的湖泊还处于不同程度的富营养化状态, 滇池、星云湖、杞麓湖、异龙湖等湖泊主要入湖河流水质劣V类。



数据来源: 云南省环境状况公报 (1990~2007年)

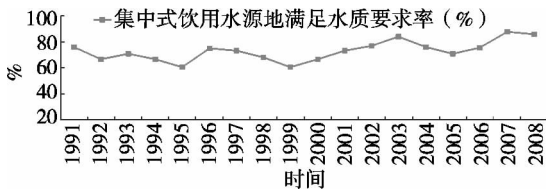
图7 云南省河湖水质良好率 (1990~2007)

“十一五”规划要求，2010年，九大湖泊水环境功能区水质达标率 > 50%，2008年已完成目标。

### 2.2.4 影响指标

主要集中式饮用水源地满足水质要求率指的是作为全省饮用水源的水体中，水质达到国家饮用水质标准的水体所占的百分比。

指标数据表明，云南省主要集中式饮用水源地满足水质要求率1991~2000年基本稳定在70%左右，2006~2007年有明显上升趋势，这与云南省在同期开始了《云南省饮用水水源地环境保护规划》，开始实施水源地保护计划有明显关系。



数据来源：云南省环境状况公报（1991~2008年）

图8 云南省主要集中式饮用水源地满足水质要求率 (1991~2008年)

2008年，云南省21个城市的42个饮用水水源地中，有14.3%不能满足集中式饮用水源地水质要求。

“十一五”规划要求，在2010年90%以上的重点城市集中式饮用水源地水质基本达标，根据近3a的发展趋势，完成目标存在可能性，但有很大难度。

2007年农村饮水安全调查显示，全省有1300万左右的农村人口受到饮水安全的影响。

### 2.2.5 响应指标

响应因子主要用于描述云南省在应对水污染方面所做出的努力。

1990~2007年，云南省城镇污水排放量从14500万t增加到48400万t，增长了两倍多，这与云南省城镇化进程的发展紧密相关。

城镇生活污水集中处理率在2005~2008年才有统计，2008年达到57.84%。“十一五”规划要求，到2010年，云南省城镇生活污水集中处理率达到60%。根据有数据的近4a趋势看，可能达成目标。

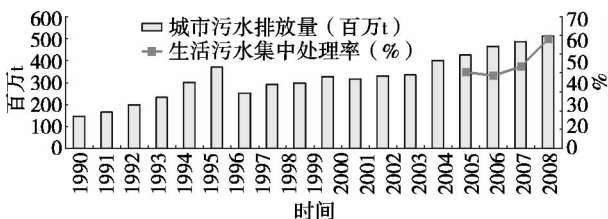


图9 云南省城市污水排放量和生活污水集中处理率 (1990~2008年)

工业用水重复利用率的含义是指在一定的计量时间（年或月）内，生产过程中使用的重复利用水量与总用水量之比。计算公式：重复利用水量 / (生产中取用的新水量 + 重复利用水量) × 100%。

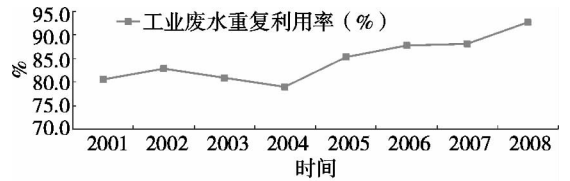


图10 云南省工业废水重复利用率 (2001~2008)

“十一五规划”要求，到2010年，工业用水重复利用率 > 80%，按照环境公报的数据，其实从2005年就已经达到85.4%，从数据趋势看规划目标定得过低。

云南省工业污水处理投资在2001年是7191万元，到2008年达到78400万元，增长了近十倍，见图11。

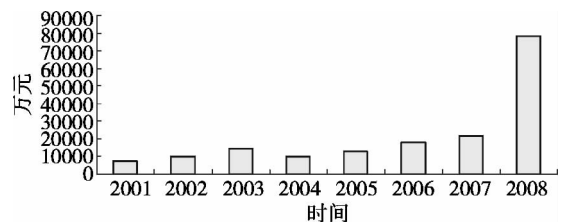


图11 云南省工业污水处理投资 (2001~2008)

目前所选定的响应因子主要集中于缓解水污染压力方面，之所以单独把这3个响应因子列出是因为在可获得的资料里，它们有了比较完整的时间系列数据，可以看出一些动态变化。从DPSIR因子链条来说，响应还可以从舒缓水污染驱动力、促进水环境状态向好的方向发展、减轻水污染对社会经济和人类生活影响等方面所采取的对策措施着手。

事实上，云南省在这些方面也都做了大量努力。例如农业上提倡节水农业，提倡测土配方施肥；居民生产生活中推行用水定额标准；工业上实施总量控制制度，提高水资源的循环利用水平，推行排放口的在线监测监控手段等。

## 3 讨论

云南省水污染问题中来自云南省社会经济发展对水污染问题的驱动因子还在加强。体现在与GDP相对应的绝对用水需求还在增加；农田灌溉造成弃水、生活用水带来污染的驱动效应还在增加；单位GDP化学需氧量排放有所减弱，但排放量从2000年以来基本稳定在29万t左右。

云南省水污染所面临的压力还在不断加强，尤

其是来自生活污水和农田灌溉弃水的压力还在增强；工业废水排放的压力有降低；但水环境整体面临的 COD 排放维持一个相对稳定的状况。

从水环境的状态因子看，云南省水资源丰富但分布不均；地表水质基本保持稳定，但是约 1/4 的河道受到污染，一半以上的湖泊处于不同程度的富营养化状态。

水污染问题已经对云南省城乡供水带来一定影响。对城市饮用水源的影响基本保持稳定，但也有 30% 的城市饮用水源地不能满足水质要求；2007 年农村饮水安全调查显示，全省有 1300 万左右的农村人口受到饮水安全的影响。

对响应因子的分析说明，为改善云南省水环境状况，应对水污染问题，云南省采取了大量的对策措施，并在工业污水排放控制方面取得显著成效，但城市污水控制方面还需要进一步加强，农业领域需要加强连续性监测，以评定响应效果。

#### 4 结论

本文基于 DPSIR 模型框架，结合云南省水污染状况，构建了云南省水污染 DPSIR 模型指标体系，并初步分析了各个指标的变化趋势，为下一步定量分析云南省水污染趋势奠定了基础。

##### 参考文献：

- [1] 曹红军. 浅评 DPSIR 模型 [J]. 环境科学与技术, 2005, 28 (6).
- [2] 林盛群, 金腊华. 水污染事件应急处理技术与决策 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [3] 闫自申. 云南突发性水污染事件影响应对初探 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29 (2).
- [4] 朱翔, 马杏, 赵睿, 等. CEP III 项目成果—云南省环境绩效评估报告 (国家研讨会征求意见稿) [D]. 昆明: 云南省环境科学研究院, 2010.
- [5] 马杏, 朱翔, 赵睿. 云南省水土流失 DPSIR 模型指标体系的构建 [J]. 环境科学导刊, 2009, 28 (6).

## Index System Construction of DPSIR Model for Water Pollution in Yunnan Province

BAO Yin-li<sup>1</sup>, Ma Yu<sup>2</sup>, ZHU Xiang<sup>2</sup>

(1. Yunnan Normal University, Kunming Yunnan 650092 China)

**Abstract:** The index system of DPSIR model on water pollution in Yunnan province was built based on water pollution status and selection principles of index. The changing characteristics of all indexes with time are analyzed, which provided strong basis for assessing water environmental quality better in Yunnan province.

**Key words:** water pollution; DPSIR model; index system; Yunnan province

# 湖滨湿地社区共管的初步探索

## ——以滇池外海南部白鱼河口湿地为例

孔德平, 白晓华, 田 军, 曾昭朝

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘 要:** 采用问卷调查方法, 对滇池南岸白鱼河口湿地社区共管问题进行调查研究, 分析白鱼河口湿地保护面临的威胁及实行社区共管的基础。结果表明, 白鱼河口湿地社区共管是解决湿地管护机构对环境和资源的强制性保护与区内居民开发利用自然资源和环境之间矛盾的有效途径。

**关键词:** 白鱼河口湿地; 社区共管; 探索; 滇池

**中图分类号:** X22   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0042-03

社区共管 (Community-based Wetland Management) 是一种全新的湿地管理模式。社区共管是指当地社区共同参与湿地管理方案的决策、实施和评估的过程, 其主要目标是生物多样性保护和社区可持续发展的结合。通过社区共管, 可以吸引当地社区居民参与项目管理, 从项目开始的咨询和论证, 到项目的计划、确定、设计、实施和评估, 都能得到参与的机会。当地社区的参与不仅体现在对一些战略性决策的参与, 还要让社区有机会参加日常的湿地项目共管工作。

社区共管的一个基本精神就是立足地方基层, 坚持政府指导与社会共同参与相结合, 民间活动与政府行为相配合。社区共管鼓励并引导当地居民和社区组织参与湿地管理工作, 可以培养湿地当地居民湿地保护的意识, 提高政府、非政府组织、当地社区在湿地恢复和合理利用方面的能力。社区共管的内容和形式可以是多种多样的。社区共管是一种湿地自然保护区与周边社区长期共生、共存、共同发展的管护模式。

### 1 白鱼河口湿地概况

白鱼河口湿地是滇池湖滨少有的尚存大量水生植物的滩涂湿地区, 在未进行白鱼河口天然滩涂湿地保护工程之前, 滩涂湿地被周边村民作为鱼塘和耕地, 不仅不利于天然湿地生物多样性的恢复, 而且大量的农田有机物和化肥、农药等随地下水或地表径流进入滇池, 影响了陆相湖滨带湿生植物和水相湖滨带沉水植物的恢复和水质的改善。在滇池湖

滨湿地受到高度破坏的情况下, 白鱼河口滩涂湿地良性生态系统的恢复为白鱼河入湖河水的净化提供了空间, 应对白鱼河口湿地加以充分保护和利用。

通过生态恢复, 总面积 20.01hm<sup>2</sup> 的白鱼河口湿地在充分尊重河口自然生态特征的基础上, 保护与恢复并重, 辅以适当的人工干预, 形成了以平整高台为主, 低洼水体沟塘相连的“通透”的地形特征。湿地内种植了湿生乔木、灌木、大型挺水植物, 与水相湖滨带的沉水植物共同构成完整、稳定的湿地植物生态系统, 逐渐恢复和建立起稳定的河口生态群落结构。白鱼河口湿地的人工修复工程, 构建了仿自然的“河—沟—塘—湖”湿地生态系统, 在恢复河口滩涂湿地良性生态功能的同时, 也展现了自然生态美并达到滞留和净化微污染水体的目的, 以此减轻滇池的污染负荷。

### 2 调查方法

采用问卷调查法评估白鱼河口湿地修复工程的社会环境效益, 对白鱼河口湿地社区共管的基础及相关的社区共管规划进行详细的问卷调查。共向白鱼河口湿地周边居民发放“白鱼河口湿地社区共管入户调查表”100份, 回收问卷95份, 其中有效问卷95份。

### 3 调查结果

问卷调查的结果表明, 白鱼河口湿地修复工程完成后, 湿地游人增加, 购物餐饮活动增加, 且当地人参加了政府组织的湿地管理方面的工作, 以及湿地生态环境变好而使得鱼产量增加, 使当地人的收入平均增加为150元/户·月。

图1和图2清晰地反映了接受调查者对白鱼河

口湿地恢复工程对周边环境影响的回应。有68.4%的接受调查者认为白鱼河口湿地恢复工程有很大的必要；有69.5%的居民认为白鱼河口湿地恢复工程后白鱼河口湿地比恢复前好多了，有22.1%的接受调查者认为白鱼河口湿地恢复工程后湿地变得非常好。

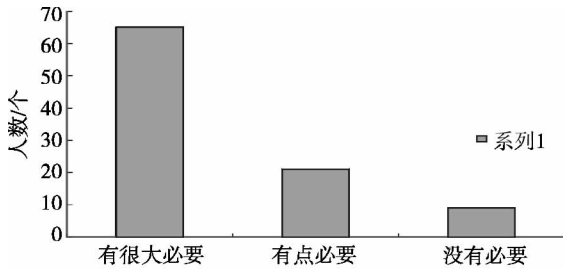


图1 白鱼河口湿地恢复工程效果民意调查结果

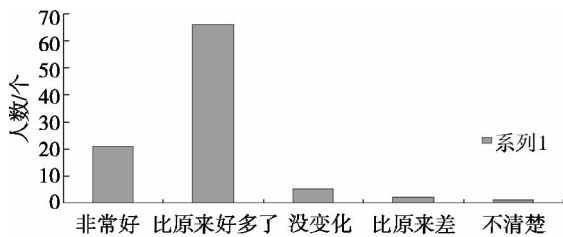


图2 白鱼河口湿地恢复工程必要性的民意调查结果

接受民意调查的群众为白鱼河口湿地的管理提供了许多建议，其中加强白鱼河口湿地恢复工程之后周边环境设施的改善和管理成为人们关注的重点，此外绝大多数群众还希望政府能够加大对白鱼河口湿地的投资，将白鱼河口湿地建成为风景优美、设施完善的湖滨湿地公园。

表1 白鱼河口湿地民意调查中，当地人提出的改善湿地管理的主要建议

序号	建议内容
1	参考滇池周边近年来建成的五甲塘湿地公园、宝象河口湿地公园等，将白鱼河口天然滩涂湿地建设成一座湿地公园，规划入园道路，方便游人出入
2	在白鱼河口湿地内建一座生态旱厕，设生活垃圾收集箱
3	在湿地内多栽适种林，淘汰老化树，秋季给柳树修剪枝叶，不要让叶子掉入河水中，定期给树木打药防虫
4	增设安全警示牌，增加湿地管理的工作人员，加强游人安全和湿地防火方面的管理
5	增设湿地的围栏，加强对湿地的管理；经常开展湿地保护教育方面的活动

## 4 白鱼河口湿地保护面临的威胁

### 4.1 社区经济增长需求同湿地水环境保护之间的矛盾

首先，白鱼河口湿地周边的大片农田，为增加产量不断施用化肥和农药，随地表径流进入白鱼河

口湿地，最终进入滇池水体，导致本来应该是天然生态屏障的区域变成了湿地的污染区域，从而对滇池水体造成了影响。其次，周边社区的生活污水、生活垃圾、人畜粪便等排入湿地水体，在调查中观察到靠近白鱼河口湿地的水面上已经出现的大面积的污染指示植物凤眼莲。此外，随着旅游业的不断发展，湿地周边不可避免地出现一些村民自建的旅馆、餐厅，若生活污水不经过处理直接排放到白鱼河并进入滇池水体，将加大对白鱼河口湿地的污染，对白鱼河口湿地的保护也造成了不利影响。

### 4.2 无序旅游与湿地生物多样性保护之间的矛盾

根据我们的野外调查，白鱼河口湿地每年接待旅游人员达3万余人，由于缺乏总体规划的指导和科学的管理，无序旅游随处可见。周末游人大量增加的时候，丢弃的垃圾随处可见。结果不仅仅是惊吓了水鸟，给水鸟的保护带来影响，而且对湿地植物践踏严重，削弱了湿地植物阻滞和降解入湖养分的屏障作用，对湿地生态系统，尤其是鸟类多样性的保护构成了严重威胁。因此，根据湿地的自然生态规律，深入研究白鱼河口湿地的旅游容量和旅游方式，加强对白鱼河口管理方面的研究，协调好湿地保护与开发利用的关系，将是未来白鱼河口湿地管理中面临的主要问题。

## 5 白鱼河口社区共管规划

在滇池湖滨湿地严重退化的情况下，白鱼河口湿地良性生态系统的恢复具有显著的示范作用，而社区参与湿地管理，是白鱼河口湿地得以长期保存并发挥各项生态环境效益的保障。

### 5.1 进行湿地社区社会经济本底调查并与社区分享调查结果

组织人员对湿地相关社区的社会经济状况和利用湿地资源的情况进行摸底调查，以摸清湿地区域的自然文化背景、经济发展水平、湿地资源利用及保护中存在的问题等基本信息。调查得出的资料与湿地当地社区分享，使他们对共同管理中的义务和可能的利益有足够的认识和理解。

### 5.2 引入当地居民代表进入湿地管理机构

湿地日常管理机构由政府部门、项目专家、周边地区居民代表等组成，在决策过程中遵循共同协商的原则，以湿地保护与社区发展双赢为前提。计划实施中要吸引湿地当地居民参与项目的所有活动，明确各方的权利义务，共同对项目实行进行监督、沟通、评估。

### 5.3 制定湿地近、远期规划及日常管理办法

湿地共管机构和当地居民磋商制定湿地发展的近、远期规划以及日常管理规定,在保证湿地的生态健康的条件下,计划发展适度旅游及适度利用湿地物产,以满足当地社区的经济利益需求。

## 6 白鱼河口湿地保护建议

在白鱼河口湿地进行社区共管的实践,通过引入当地居民代表进入湿地管理机构,完善社区共管的机构设置;进行湿地社区社会经济本底调查,并且与社区居民分享调查结果,使社区居民对于共同管理中的义务和可能的利益有足够的认识;制定湿地发展规划和社区共管的日常管理办法,规划和办法实施中要吸引湿地社区居民参与项目的所有活动,明确各方的权利和义务,共同对项目进行监督、沟通和评估。

湿地管理部门同湿地周边下海埂村的村民达成湿地管理协议,组织村民对湿地进行自愿自觉的管

理,同时,将湿地管理的一些有偿劳动交付当地村民来完成,例如湿地植物(芦苇,茭草等)的定期收割、枯树枝叶的清理、白鱼河口水葫芦的清理打捞等,让村民在参与湿地维护的工作的同时获得相应的经济收益;同时,未来湿地开发旅游及物产的收入,当地村民可根据参与湿地社区管理的工作量而得到其相应的份额。

### 参考文献:

- [1] 蒋勇,张鸿.东洞庭湖自然保护区与社区共管模式[J].湖南林业科技,2008,35(6).
- [2] 瞿茨华.湿地保护中的公众参与研究[D].上海:上海交通大学,2007.
- [3] 宋海水.公众参与环境管理机制研究[D].北京:清华大学,2004.
- [4] 张金良,李焕芳,黄方国.社区共管——一种全新的保护区管理模式[J].生物多样性,2000,8(3).

## Study on Community Co-management of Constructed Wetland Near Lakeside by Baiyuhe River Wetland as Case in Waihai of Dianchi Lake

KONG De-ping, BAI Xiao-hua, TIAN Jun, ZENG Zhao-zhao  
(Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** The issues on co-management of constructed wetland in Baiyuhe river wetland was investigated by questionnaires to analyze the facing threats of the wetland and possibility of carrying out community co-management. The results showed that co-management for Baiyuhe river wetland would be an effective way to solve the conflicts between natural resource utilization and environmental protection.

**Key words:** Baiyuhe wetland; community co-management; explore; Dianchi lake

# 南涧县千人以上集中式饮用水源地调查分析

方芹丽

(南涧县环境保护局, 云南 南涧 675700)

**摘要:** 2009 年南涧县开展了千人以上集中饮用水源地调查, 结果显示, 水质及水源地周边环境不容乐观。根据存在的具体问题, 提出针对性措施, 加强治理管护, 确保安全供水。

**关键词:** 饮用水源地; 调查; 保护措施; 南涧县

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0045-03

南涧县位于云南省西部, 大理白族自治州南端, 东经  $100^{\circ}06' \sim 100^{\circ}41'$ , 北纬  $24^{\circ}39' \sim 25^{\circ}10'$ 。东与弥渡县接壤, 南与景东县毗邻, 西南与云县以澜沧江为界, 西至黑惠江与凤庆县隔水相望, 北与巍山县相连。全县设 5 镇 3 乡, 80 个村(居)委会, 1181 个自然村, 1593 个村(居)民小组。2009 年末, 全县总人口 220770 人, 其中, 农业人口 205937 人, 占总人口的 93.28%。全县国土面积  $1738.60\text{km}^2$ , 其中山地占 99.3%, 平坝占 0.7%。耕地面积  $13961\text{hm}^2$ , 其中水田  $1546\text{hm}^2$ , 旱地  $12415\text{hm}^2$ 。生猪存栏 183637 头, 大牲畜存栏 112161 头, 山绵羊存栏 80116 只。化肥施用量(混合量)  $18514\text{t/a}$ , 折纯量  $7512\text{t/a}$ 。农膜使用量  $225\text{t/a}$ <sup>[1]</sup>。土地资源的特点是山地占绝大多数, 耕地资源有限, 土壤类型较多, 宜种植物较广, 植被覆盖率低, 水土流失面大, 山高缺水, 水土潜力难以充分发挥。

南涧是一个典型的山区农业县, 受自然和经济、社会等条件的制约, 农村居民饮水困难和饮水安全问题长期存在, 农村供水设施十分薄弱。饮用水源地由于缺乏有力管护, 直接或间接地破坏和污染水源的各种行为时有发生, 严重影响了水环境及生态平衡, 对群众饮水安全构成潜在的威胁, 必须采取有力措施, 加强管护。

为保障人民群众饮水安全和水源地可持续开发利用, 进一步掌握饮用水源地环境状况, 加强饮用水源地污染防治和管理能力建设, 建立完善饮用水源地环境保护规划编制工作, 解决目前危害饮水安全的重大问题, 南涧县 2009 年全面开展了千人以上集中饮用水源地保护调查工作。

## 1 饮用水源地调查结果

南涧县共有 21 个使用中的千人以上集中饮用水源地(以下简称水源地), 其中 3 个为湖库型(1 个为县城集中饮用水源地), 服务人口 3.29 万人, 实际年取水量  $174.75\text{万 m}^3$ ; 18 个为河流型, 服务人口 5.43 万人, 实际年取水量  $106.5\text{万 m}^3$ 。

日常仅有 1 个县城集中饮用水源地和 8 个乡镇政府所在地的集中饮用水源地水质得到卫生部门的监督监测, 其他 12 个农村千人以上集中饮用水源地未得到监测, 采用《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006) 进行评价, 监测结果详见表 1。

表 1 南涧县集中饮用水源地水质监督监测情况

年度	供水区域	取水位置	监测个数/个	监测样品数/个	合格样品数/个	合格率/%
2008 年	城市(县城)	处理厂前源头水	1	64	51	80
		农村(乡镇)供水池	8	87	61	70
2009 年	城市(县城)	处理厂前源头水	1	72	65	90
		农村(乡镇)供水池	8	67	36	54

从表 1 可以看出, 南涧县集中饮用水源地水质合格率未达 100%, 且乡镇集中饮用水合格率呈下降趋势, 因饮用水未经处理, 直接供水细菌总数超标。

## 2 饮用水源地环境现状

水源地均位于海拔 2000m 左右的高山上, 其水源主要是裂隙水、山涧水和天然降水, 部分水源点周边自然植被已遭破坏, 山体裸露, 周边无厂矿企业产生的点源污染, 但有农业和生活面源污染, 主要包括农村生活、畜禽养殖、农药、化肥、秸秆、水土流失、库面降水氮磷污染等。水源点周边耕地或茶地面积较多, 化肥、农药等施用量大, 加

之农村村落生活污水大都为自然随意排放,农业面源污染较严重。

### 3 调查结果分析

#### 3.1 个性分析

##### 3.1.1 县城集中饮用水源地分析

县城集中饮用水源地大龙潭水库编制了环境保护规划,设立了警示牌,有专人看管水库,但未细化保护区范围,周边还有放牧现象,水库供水量逐年下降。水源地水质经沉淀(加净化剂)、过滤、消毒(加液氯)处理后,达标供水。

##### 3.1.2 乡镇集中饮用水源地分析

乡镇千人以上集中饮用水源地未划定保护区范围,也未编制环境保护规划,水源亦无专人看管或看管不到位,两个水库处于带病运行状态,坝体及周边急需工程加固,周边山体倒塌,直接威胁水源地的安全。

其他18个河流型乡镇集中饮用水源地多为山洞直接流出的地表水,未划定保护区范围,也未编制环境保护规划,亦无健全的管理机制和水质监测体系(除8个乡镇政府水源点进行监测外,其他10个水源点未进行常规监测),部分水源点无专人看管或看管不到位,取水点附近人、畜活动频繁,植被遭到了不同程度的破坏,水质呈逐年下降趋势,且水源缺少水处理设施,存在潜在的环境安全隐患。饮用水未经处理,直接供水,偶有细菌指标不合格现象。

#### 3.2 共性分析

##### 3.2.1 生活垃圾、污水污染

随着人口的增加和人们物质生活水平的不断提高,生活污水及垃圾产生量越来越大。除县城外无垃圾收集系统和污水处理设施,村民的环保意识淡薄,随意乱丢生产、生活废弃物。每逢雨季,生活污水及垃圾所含的大量污染物随雨水冲入沟箐,部分汇入饮用水源点,增加了水源地污染负荷。

##### 3.2.2 农业面源污染

由于对水源点周边自然资源的利用强度增大,引起自然植被的结构性破坏,减弱了周边生态系统对水源地水质的保护作用。水源地周边有大量的耕地,伴随着大量农药化肥的不合理使用以及牲畜放养的增多,使得农药、化肥、牲畜粪便等各种污染物随雨水进入水源点,直接影响到水源地水质的安全。

##### 3.2.3 人类不良行为污染

由于水源地深处高山,周边自然环境相对较舒

适,垂钓、旅游人数增多,水源地环境负荷随之加重,一部分游客不文明行为的存在,如向水源点随意丢弃杂物、果屑、塑料包装制品等,不仅影响了景观,更严重的是污染了水体,给水源地带来不同程度的污染。

### 4 保护措施

#### 4.1 健全管理体系

一是编制全县乡镇、村千人以上集中饮用水源地的环境保护规划;二是政府制定切实可行的水源地环境保护措施,健全管理机制,落实管理主体和责任,由专人看管,杜绝人为破坏,尽量减少人为环境污染隐患。

#### 4.2 建设饮水处理设施

一是对县城集中饮用水源,保证水处理设施正常运转,确保水质稳定达标;二是对乡镇千人以上的集中饮用水源地根据水源水质情况采取适宜的水质净化措施,确保水质达标。

#### 4.3 建立监测体系

农村饮用水水质卫生监测是一项长期、连续、系统的基础性工作,是保障农村居民饮用水卫生安全的关键措施。应对全县乡镇千人以上的集中饮用水源地水质定期取样监测,在保证群众有水喝的同时保证水质的达标,切实保障群众的供水安全。

#### 4.4 科学合理划定保护范围

按照《饮用水水源保护区划分技术规范》,划定乡镇千人以上集中饮用水源地的水域和陆域一级保护区、二级保护区和准保护区,设立标志牌,并严格按水源地环境保护规划和划定区域实施保护。

#### 4.5 加强对生活源治理

一是结合新农村建设,科学编制农村环境综合整治规划,推进农村环境基础设施建设,改水、改厨、改厕,建立农村生活垃圾收集处理系统,对水源地生产的生活垃圾集中收集后进行无害化处理,禁止随意堆放;二是建设污水收集系统,生活污水经多级沉淀,采用植物吸附等物理方法处理后,用于农田浇灌。

#### 4.6 加强对农业源治理

大力发展节水农业,有计划有步骤地推广测土配方、减氮控磷技术,加大高毒、高残留农药禁用力度,逐步降低农田退水对水体的影响。实行家畜圈养,水源地保护区内禁牧,实施人畜粪便发酵处理及综合利用,严格控制畜禽养殖规模。进一步加大退耕还林、天然林保护、农村能源建设、野生动



植物保护等工程建设力度，有效维护好水源地的自然生态环境。

参考文献：

[1] 南涧县彝族自治县统计局. 南涧彝族自治县经济工作手册 [R]. 2010.

## Investigation on Centralized Drinking Water Sources Serving over One Thousand People in Nanjian County

FANG Qin - li

(Nanjian Environmental Protection Bureau, Nanjian Yunnan 675700 China)

**Abstract:** The investigation on centralized drinking water sources serving over one thousand people in Nanjian county in 2009 was conducted. The results indicated that the water quality and environment around the water source areas were not good enough. The countermeasures on the real problems are put forward to strengthen environmental management and ensure the safe water supplying.

**Key words:** drinking water source; investigation; protection measures; Nanjian county

---

## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

# 兰州市城区大气污染现状及防治对策分析

祝合勇<sup>1</sup>, 杨太保<sup>1</sup>, 金庆森<sup>2</sup>

(1. 兰州大学资源环境学院 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 兰州市环境保护局, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 根据兰州市 2002~2009 年的城区大气污染物监测结果, 分别对可吸入颗粒物 ( $PM_{10}$ )、二氧化硫 ( $SO_2$ ) 和二氧化氮 ( $NO_2$ ) 3 种主要大气污染物进行综合分析, 研究其现状特征和变化规律, 揭示了兰州市城区大气污染的现状及时空分布特征, 并对兰州市城区大气污染的成因及防治措施进行了初步探讨。

**关键词:** 大气污染; 成因; 防治措施; 兰州市

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0048-05

兰州市是甘肃省的省会, 西北工业重镇。位于青藏高原东北侧的黄河河谷盆地, 南北两侧群山环抱 (南面皋兰山海拔 2129m, 北面九州台 2067m), 东西两侧峡口狭窄, 是我国典型的山地城市。城市建成区面积约为 169km<sup>2</sup>, 4 个区人口 190 万人左右。

随着社会经济的持续快速发展和能源消耗的迅速增加, 兰州市面临的环境压力越来越大, 尤其是城区大气污染问题日益突出。现阶段, 我国正处在西部大开发的关键时期, 而兰州市作为西北重镇, 在西部大开发中扮演着经贸中心、工业中心、交通与信息中心和技术创新中心的重要角色。为把握好这一契机, 利用一切有利条件, 实现经济社会的平稳健康发展和居民生活水平的快速稳步提高, 更好地发挥兰州在西北经济建设中的凝聚、组合和带动作用<sup>[1]</sup>, 改善兰州市的空气质量就显得尤为重要。

本文根据兰州市 2002~2009 年间大气质量常规监测数据, 分析了兰州市大气污染现状及特征, 并对其成因和防治对策作了初步的分析和探讨。

## 1 资料来源及处理

### 1.1 资料来源

兰州市有两个空气自动监测站, 一个是位于西固三类区的兰炼宾馆, 另一个是位于城关区的生物制品研究所。本文所用资料来源于这两个空气自动监测站 2002~2009 年的常规监测数据。

### 1.2 数据处理<sup>[2]</sup>

本文采用数理统计的方法进行计算, 将兰炼宾馆和生物制品所的 3 种主要大气污染物的常规监测数据进行算术平均, 分别得  $PM_{10}$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$  的年平均和季平均浓度, 并借助 Excel 作相关图表进行分析。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 大气污染现状

#### 2.1.1 大气污染物浓度年际变化

表 1 3 种主要大气污染物年均浓度统计表 (mg/m<sup>3</sup>)

	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
$PM_{10}$	0.199	0.174	0.172	0.157	0.192	0.129	0.132	0.150
$SO_2$	0.080	0.086	0.072	0.068	0.057	0.060	0.071	0.059
$NO_2$	0.057	0.050	0.044	0.038	0.052	0.042	0.055	0.042

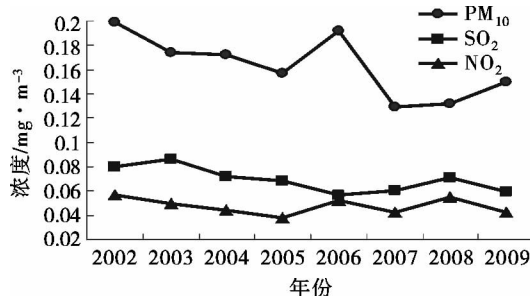


图 1 兰州市  $PM_{10}$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$  年均浓度变化

结合表 1、图 1 可以看出, 2002~2009 年 8a 中, 兰州市城区  $PM_{10}$  年均浓度变化可分为 3 个阶段: 其一,  $PM_{10}$  年均浓度在 2002~2005 年呈现明显的逐年下降趋势, 由 2002 年的 0.199mg/m<sup>3</sup> 下降到 2005 年的 0.157mg/m<sup>3</sup>, 年均下降 0.014mg/m<sup>3</sup>; 其二, 到 2006 年又急剧上升到 0.192mg/m<sup>3</sup>, 与 2002 年的最高浓度基本持平; 其三, 在 2007 年

收稿日期: 2010-11-26

基金项目: 自然科学基金基金项目 (40871057); 兰州市环境保护“十二五”规划项目。

作者简介: 祝合勇 (1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为环境与气候变化。

和2008年又下降到最近8a的相对低值,分别为 $0.129\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $0.132\text{mg}/\text{m}^3$ ,而在2009年又出现较强的反弹。总体来看,2002~2009年8a中, $\text{PM}_{10}$ 年均浓度均超过国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准<sup>[3]</sup>,说明兰州市城区大气污染物主要为 $\text{PM}_{10}$ 。在2006年之所以会出现强烈反弹,主要是受沙尘暴及浮尘天气的影响。2006年,兰州市出现沙尘暴及浮尘天气13次,与上年相比增加8次之多,最严重时 $\text{PM}_{10}$ 浓度为 $5.254\text{mg}/\text{m}^3$ ,是上年度的5.5倍,严重影响了兰州市空气质量<sup>[4]</sup>。而在2009年之所以出现较大反弹, $\text{PM}_{10}$ 浓度比上年上升了13.6%。分析其原因,一方面是由于该年沙尘暴及浮尘天气的强度相对较强的缘故,2009年共发生5次沙尘暴及浮尘天气,分别为2月1次、3月3次、4月1次,其中有4次沙尘暴的可吸入颗粒物浓度最高值 $>1\text{mg}/\text{m}^3$ ,最大浓度达 $3.966\text{mg}/\text{m}^3$ ;2008年同期只有2次,沙尘暴的浓度最高值 $>1\text{mg}/\text{m}^3$ ,最大浓度达 $1.049\text{mg}/\text{m}^3$ ;另一方面是由于“西热东输工程”、“天然气管网工程”和城区“污水全收集全处理”工程的全面启动,道路开挖铺设管道,从而造成了扬尘,导致可吸入颗粒物的增加<sup>[5]</sup>。

从 $\text{SO}_2$ 年均浓度变化情况来看,2002~2009年8a中,兰州市城区 $\text{SO}_2$ 年均浓度在前5a总体上呈现明显的下降趋势,由2002年的 $0.080\text{mg}/\text{m}^3$ 下降到2006年的 $0.057\text{mg}/\text{m}^3$ ,首次达到国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准。而在最近3a里,除2008年出现较大反弹外,2007年和2009年均稳定在2006年的水平上,均达到国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准。

从 $\text{NO}_2$ 年均浓度变化情况来看,2002~2009年8a中,兰州市城区 $\text{NO}_2$ 年均浓度在前4a呈现逐年下降趋势,由2002年的 $0.057\text{mg}/\text{m}^3$ 下降到2005年的 $0.038\text{mg}/\text{m}^3$ ,首次达到国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准;而最近4a, $\text{NO}_2$ 年均浓度在2005年的基础上总体上有较大幅度的增加,且呈现稳定的波动变化,其波动范围在 $0.040\sim 0.055\text{mg}/\text{m}^3$ ,均超过国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准,尤其在2006年和2008年, $\text{NO}_2$ 年均浓度分别高达 $0.052\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.055\text{mg}/\text{m}^3$ ,分别超出国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准 $0.012\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 2.1.1 大气污染物浓度季度变化

#### 2.1.1.1 $\text{PM}_{10}$

表2  $\text{PM}_{10}$ 统计表 (mg/m<sup>3</sup>)

	1 季度	2 季度	3 季度	4 季度
2002 年	0.374	0.129	0.109	0.252
2003 年	0.237	0.158	0.106	0.199
2004 年	0.216	0.147	0.114	0.226
2005 年	0.171	0.146	0.086	0.226
2006 年	0.254	0.184	0.110	0.221
2007 年	0.140	0.130	0.074	0.172
2008 年	0.157	0.144	0.079	0.149
2009 年	0.164	0.166	0.103	0.169
均值	0.214	0.151	0.098	0.202

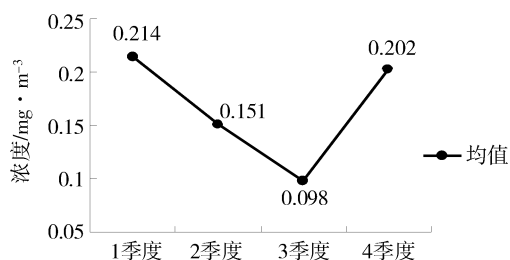


图2 兰州市近8a  $\text{PM}_{10}$ 浓度的季度变化图

从表2、图2可以看出,兰州市城区近8a $\text{PM}_{10}$ 日平均浓度1季度为 $0.214\text{mg}/\text{m}^3$ ,2季度为 $0.151\text{mg}/\text{m}^3$ ,3季度为 $0.098\text{mg}/\text{m}^3$ ,4季度为 $0.202\text{mg}/\text{m}^3$ ,浓度变化呈V型,1、4季度最高,2季度次之,3季度最低。1、4季度的浓度均为3季度的2倍多,2季度的浓度为3季度的1.54倍。国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准 $\text{PM}_{10}$ 日平均浓度为 $0.150\text{mg}/\text{m}^3$ ,结果表明:1、4季度的 $\text{PM}_{10}$ 污染最为严重,尤其是1季度,而2季度的 $\text{PM}_{10}$ 污染也较为严重,3季度的 $\text{PM}_{10}$ 污染程度最轻。

#### 2.1.1.2 $\text{SO}_2$

表3  $\text{SO}_2$ 统计表 (mg/m<sup>3</sup>)

	1 季度	2 季度	3 季度	4 季度
2002 年	0.128	0.041	0.042	0.122
2003 年	0.136	0.058	0.035	0.112
2004 年	0.108	0.064	0.036	0.080
2005 年	0.105	0.049	0.038	0.082
2006 年	0.075	0.029	0.050	0.073
2007 年	0.082	0.039	0.033	0.083
2008 年	0.093	0.048	0.036	0.106
2009 年	0.086	0.032	0.038	0.080
均值	0.102	0.045	0.039	0.092

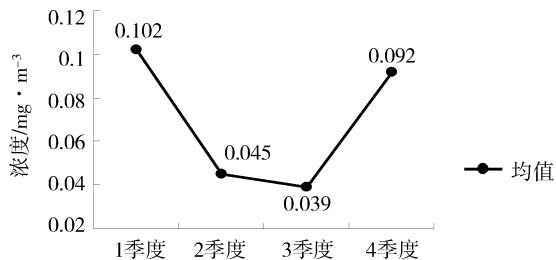


图3 兰州市近8a SO<sub>2</sub>浓度的季度变化图

从表3、图3可以看出，兰州市城区近8a SO<sub>2</sub>日平均浓度1季度为0.102mg/m<sup>3</sup>，2季度为0.045mg/m<sup>3</sup>，3季度为0.039mg/m<sup>3</sup>，4季度为0.092mg/m<sup>3</sup>，浓度变化呈U型，1季度最高，4季度次之，2、3季度相对较低，1、4季度的浓度均为2、3季度的2倍多。国家GB3095-1996《环境空气质量标准》2级标准SO<sub>2</sub>日平均浓度为0.150mg/m<sup>3</sup>，结果表明：1、4季度是SO<sub>2</sub>污染最严重的时间，尤其是1季度，而2、3季度的SO<sub>2</sub>污染程度较轻。

### 2.1.1.3 NO<sup>2</sup>

表4 NO<sub>2</sub>统计表 (mg/m<sup>3</sup>)

	1季度	2季度	3季度	4季度
2002年	0.051	0.034	0.040	0.094
2003年	0.072	0.033	0.033	0.061
2004年	0.057	0.042	0.033	0.046
2005年	0.038	0.025	0.020	0.068
2006年	0.061	0.038	0.035	0.075
2007年	0.048	0.029	0.039	0.051
2008年	0.063	0.057	0.037	0.062
2009年	0.045	0.025	0.038	0.062
均值	0.054	0.035	0.034	0.065

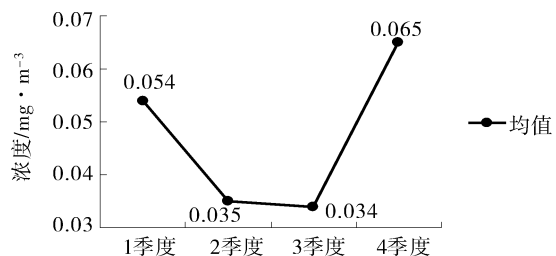


图4 兰州市近8a NO<sub>2</sub>浓度的季度变化图

从表4、图4可以看出，兰州市城区近8a NO<sub>2</sub>日平均浓度1季度为0.054mg/m<sup>3</sup>，2季度为0.035mg/m<sup>3</sup>，3季度为0.034mg/m<sup>3</sup>，4季度为0.065mg/m<sup>3</sup>，浓度变化呈U型，4季度最高，1季度次之，2、3季度相对较低。4季度的NO<sub>2</sub>浓度是2、3季度的将近2倍。国家GB3095-1996《环

境空气质量标准》2级标准NO<sub>2</sub>日平均浓度为0.080mg/m<sup>3</sup>，结果表明：4季度是NO<sub>2</sub>污染最严重的时间，1季度的NO<sub>2</sub>污染较严重，而2、3季度的NO<sub>2</sub>污染程度最轻。

## 2.2 成因分析

### 2.2.1 地理与气候因素

#### (1) 静风和逆温频率高

兰州是典型的山地城市，河谷盆地内气流闭塞，其主导风向为东北风，频率为37.1%，全年静风和小风日数占60%以上<sup>[6]</sup>；特别是在冬季，静风频率高达81.7%左右；兰州城区的逆温层结构比较特殊，逆温层厚，强度大，而且底部低<sup>[7]</sup>。由于静风和逆温频率高，造成兰州市大气的稳定度较高，不利于污染物的稀释和扩散，从而造成严重的大气污染。

#### (2) 干旱少雨

兰州市地处内陆，大陆性季风气候明显，气候干燥，是典型的半干旱内陆地区。兰州市年均降水量少（约360mm），且季节分布不均匀，特别是春、冬季降水少，不利于污染物的稀释和沉降；同时，气候干旱不利于植物生长，地表植被覆盖率不高也不利于污染物的净化<sup>[8]</sup>。

#### (3) 自然降尘量大，春季沙尘暴和浮尘天气频发

兰州市地处黄土高原，位于河西走廊下流，气候干旱，植被稀疏。位于兰州北边的九洲台是全国乃至世界风成黄土层最厚的地区，再加上河西地区沙尘暴频发，从而造成严重的自然降尘。兰州春季是兰州市沙尘暴的多发期，其中4月份出现最多，而浮尘天气一年四季都会出现<sup>[9]</sup>，从而导致PM<sub>10</sub>浓度偏高，严重影响兰州市的空气质量。沙尘暴高峰期，带来比平日高出数倍甚至数十倍的沙尘，致使PM<sub>10</sub>浓度迅速升高，空气质量严重恶化。

### 2.2.2 污染源分析

#### (1) 工业污染

表5 兰州市2002~2009年工业废气排放总量

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	均值
排放量 /万t	*	13.4	12.7	12.9	13.9	12.6	13.1	13.2	13.1

说明：数据来源于兰州市2002~2009年环境统计年报，其中2002年数据缺失。

兰州市是以石油化工为主，冶金、机电、建材等协调发展的综合性工业城市，其工业能源均以煤炭为主，辅之以燃料油、燃料气和焦炭。据兰州市2002年的城市污染源调查结果显示，全市燃煤量

为 450.88 万 t, 占总能耗的 64.87%, 燃油量、燃气量和焦炭消耗量分别占总能耗的 24.56%、10.43% 和 0.14%<sup>[10]</sup>。这种以煤炭为主, 油、气和少量焦炭为辅的能源结构使得兰州市大气污染物排放量较大, 尤其是烟尘和 SO<sub>2</sub> 的排放量较大。表 5 为兰州市 2002~2009 年工业废气 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、烟尘粉尘) 排放总量情况。结果表明, 近 8a 来兰州市工业废气年均排放总量达到 13.1 万 t 之多, 计算得出, 兰州市 1km<sup>2</sup> 的大气污染物排放量高达 10000kg/h 以上, 而兰州市整个城区的大气环境容量大约为 3000~4000kg/h<sup>[11]</sup>, 由此可见, 近 8a 兰州市工业大气污染物排放强度高达大气环境容量的 3 倍左右, 工业污染源对兰州市大气污染的贡献作用巨大。

### (2) 交通污染

与其他城市一样, 兰州市也同样存在着机动车尾气造成大气污染加剧的严峻问题。随着兰州市机动车数量的突飞猛进, 机动车尾气污染问题日益突出, 对空气质量的影响也越来越大。2002 年兰州市的机动车保有量为 16.5 万辆, 截至 2009 年年底, 机动车已达 33.2 万辆之多, 相比 2002 年翻了一番。2002~2009 年 8a 间, 兰州市机动车年均增长率高达 10.5%。机动车尾气排放的主要污染物为 CO、HC、NO<sub>x</sub>, 其大气分担率分别达到 71.8%、72.9% 和 33.8%<sup>[12]</sup>。随着机动车数量的不断攀升, 而研制节能环保型机车和使用清洁能源的步伐相对较慢, 加上兰州城区受狭长地形的限制, 城市交通道路的发展跟不上机动车的增长速度, 城区车辆拥挤、交通堵塞现象时有发生, 造成大气中 NO<sub>x</sub> 含量增加, NO<sub>x</sub> 浓度升高, 导致空气质量恶化。

### (3) 采暖污染源及其他污染源

兰州市的采暖期为每年的 1、2、3、11、12 月份, 在此期间, 供热企业的锅炉满负荷运转, 燃煤量急剧增加, SO<sub>2</sub> 和烟尘污染物也相应大量增加。而在此期间, 兰州市静风频率和逆温频率犹高, 不利于污染物的稀释和扩散。从而加剧了 1、4 季度的大气污染。

其他污染源主要是指居民日常生活使用的炉灶, 尽管其能源消耗相对较少, 但因其分布广而分散, 且使用过程中无任何处理, 污染物直接排放到大气中, 因而对大气污染也有一定的贡献作用。

## 2.3 对策建议

### (1) 加快能源结构调整, 提高城市清洁能源

比例。以天然气、太阳能、电能等清洁能源建设为着眼点, 充分利用“涩-宁-兰天然气输气管网工程”(“西气东输”工程之一, 指涩北, 西宁, 兰州) 这一有利条件, 积极推进煤改气工程, 逐步提高天然气在能源结构中的比重; 充分利用兰州市拥有丰富的日照时间这一有利条件, 大力推进太阳能的发展和利用; 另外, 兰州市是国内唯一的黄河贯穿市区的城市, 具有开发水电资源的有利自然条件, 因地制宜开发水电, 其优势是显而易见的。

(2) 加快产业结构调整, 优化工业布局。加快第三产业和高新技术产业的发展, 形成有利于资源节约和环境保护的产业体系; 鼓励企业“出城入园”、退城进郊, 减轻部分重污染、高能耗的企业对兰州市城区造成的大气污染。

(3) 加强机动车管理, 防治尾气污染。加大对机动车辆的检测力度, 严格执行机动车排放标准。严格禁止柴油型机车进入市区, 对废气排放超标的车辆进行检修和报废处理。另外, 可以参照北京市在奥运期间对机动车实行单双号限行的做法, 在采暖期对机动车实行单双号限行, 以减轻 1、4 季度的大气污染。

(4) 实行集中供热, 综合防治大气污染。把生产用热和生活用热结合起来, 以集中供热方式替代分散供热方式, 综合回收利用各种余热资源, 取缔分散供热的小锅炉, 减少一次能源消耗量。

(5) 鉴于居民生活对环境的影响也日益增加, 取缔燃煤炉灶, 积极推进天然气、电能、太阳能的使用, 全面推广实施沼气工程, 使农村大量的秸秆转化为清洁能源, 减少污染物的排放。

(6) 加快生态环境建设, 提高环境容量。植物有固土蓄水、过滤各种有害大气污染物和净化空气的功能, 因此, 植树种草是防治大气污染的较经济、有效的措施。

## 3 结论

(1) 兰州市 3 种主要大气污染物中, PM<sub>10</sub> 污染程度居首, SO<sub>2</sub> 污染和 NO<sub>2</sub> 污染亦较为严重, 且 PM<sub>10</sub> 的污染程度明显高于 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub>。2002~2009 年 8a 间, PM<sub>10</sub> 年均浓度均超出国家 GB3095-1996《环境空气质量标准》2 级标准, SO<sub>2</sub> 年均浓度仅在 2006 年、2007 年和 2009 年达到国家 GB3095-1996《环境空气质量标准》2 级标准, 而 NO<sub>2</sub> 年均浓度则仅在 2005 年达到国家 GB3095-1996《环境空气质量标准》2 级标准。

(2) 2002~2009 年, 兰州市城区的 PM<sub>10</sub> 年均

浓度总体上呈下降的趋势,说明兰州市城区的PM<sub>10</sub>污染程度总体上有所减轻。但在2006年和2009年亦出现反弹,其中2006年主要是受沙尘暴和浮尘天气的强烈影响,而2009年则是受沙尘暴和浮尘天气以及由于道路开挖而引起扬尘的共同影响;SO<sub>2</sub>年均浓度在前5a呈现明显的下降趋势,而最近3a除了2008年出现较大反弹外,2007年、2009年均稳定在2006年的水平上。这说明近8a来兰州市城区的SO<sub>2</sub>污染程度总体上有所减轻并趋于稳定;NO<sub>2</sub>年均浓度在前4a呈现逐年下降的趋势,而在近4a呈现稳定的波动变化,且在2005年的基础上有较大幅度的增加。这说明兰州市城区的NO<sub>2</sub>污染程度近4a来有所加剧,应当引起高度重视。

(3) 兰州市大气污染存在明显的季度变化规律,PM<sub>10</sub>浓度的季度变化呈V型,1、4季度最高,2季度次之,3季度最低,峰值为1季度;SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>浓度的季度变化均呈U型,1、4季度明显较高,2、3季度则相对较低,其峰值则分别为1季度和4季度。之所以出现这种明显的变化特征,在1、4季度污染最为严重,一方面是由于采暖期大气污染物排放急剧增加的原因,同时也受到冬季静风和逆温频率高、降水少、植被状况差等因素的综

合影响;而在2、3季度污染相对较轻,其中3季度最轻,这主要得益于在此期间大气污染物排放相对较少,气象、气候条件相对较好和植被状况较好等因素。因此,防治兰州市的大气污染,关键是要抓好1、4季度的大气污染防治工作。

参考文献:

[1] 李保知. 兰州在西部大开发中的地位与机遇 [J]. 兰州铁道学院学报(社会科学版), 2002, 19 (2).  
 [2] 刘付真, 赵智华. 衡阳市城区大气污染现状及趋势分析 [J]. 湖南环境生物职业大学学报, 2005, 11 (4).  
 [3] GB3095-1996, 环境空气质量标准 [S].  
 [6] 张镭, 陈长和, 李淑霞, 等. 兰州城市大气污染和可能的技术控制措施 [J]. 环境科学研究, 2000, 13 (4).  
 [5] 祁斌, 王剑锋, 王华, 等. 兰州市大气污染的特点及主要原因分析 [J]. 陕西气象, 2001, (6).  
 [6] 褚润, 张国珍, 谢红刚. 兰州市大气污染成因分析 [J]. 兰州交通大学学报(自然科学版), 2006, 25 (4).  
 [7] 芝永华, 傅朝, 邵志宏. 兰州市沙尘天气及其对空气质量的影响 [J]. 灾害学, 2007, 22 (1).  
 [8] 汪新, 安兴琴. 兰州市污染物排放及能源状况分析 [J]. 甘肃科技, 2006, 22 (10).  
 [9] 龙学著, 余金香, 黄建国, 等. 兰州市城区冬季SO<sub>2</sub>大气环境容量研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1993.  
 [10] 高原, 牟瑞芳, 王娟. 城市机动车尾气污染及防治措施 [J]. 中国高新技术产业, 2008, (13).

## Analysis of Current Air Pollution and Corresponding Prevention Measures in Lanzhou Urban Area

ZHU He - yong<sup>1</sup>, YANG Tai - bao<sup>1</sup>, JIN Qing - sen<sup>2</sup>  
 (1. Lanzhou University, Gansu Lanzhou 730000 China)

**Abstract:** According to the monitoring results of air pollution from 2002 to 2009 in Lanzhou urban area, the comprehensive analysis of three principal air pollutants including PM10, SO2 and NO2 was finished. The current situation and temporal distributional characteristics of air pollution in Lanzhou urban area were revealed based on their current features and rules of variation. Finally, the forming mechanism and some preliminary suggestions on preventing and counter-measuring strategies were discussed.

**Key words:** air pollution; forming mechanism; countermeasures; Lanzhou

# 巫山县 PM<sub>10</sub> 浓度现状及影响因子分析

王 坚, 吴光应, 付道林

(巫山县环境监测站, 重庆 巫山 404700)

**摘 要:** 对 2009 年 9 月~2010 年 9 月巫山县环境空气自动监测站的监测数据进行统计、分析和评价, 结果表明: PM<sub>10</sub> 年均浓度为 95.0 μg/m<sup>3</sup>; 日均浓度呈偏态(左偏)分布; 污染程度有明显的季节性变化, 冬季>春季>秋季>夏季; 春、夏季分别在上午 9 点和中午 12 点达到全天最大值, 而秋、冬季则出现在晚上 19 点; 风向、风速和相对湿度对 PM<sub>10</sub> 浓度均有明显的影响。

**关键词:** PM<sub>10</sub> 浓度; 现状; 影响因子; 分析

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0053-03

PM<sub>10</sub> 不仅污染建筑物表面, 影响城市景观, 降低大气能见度, 还影响城市交通, 腐蚀和损坏建筑物和公共设施等<sup>[1]</sup>。很多研究表明 PM<sub>10</sub> 目前已成为我国各城市大气环境的首要污染物, 它对大气环境质量起到了决定性的作用<sup>[2~5]</sup>, 同时 PM<sub>10</sub> 污染也危及人体健康<sup>[6~8]</sup>, 因此越来越受到人们的关注。

本文以巫山县城 2009 年 9 月至 2010 年 9 月的监测数据为基础, 分析了 PM<sub>10</sub> 浓度变化规律及其时空分布特征; 探讨了风向、风速和相对湿度等气象因子对其影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

巫山县是渝东门户, 地处三峡库区腹心, 长江自西向东流经巫山, 境内有闻名中外的长江三峡之一——巫峡和大宁河小三峡等著名风景区。三峡工程蓄水后, 库区水位抬升, 在大宁河与长江的交汇处形成一个宽阔的湖面, 呈现出高峡平湖的美景。

### 1.2 监测数据及评价方法

本文所采用的数据均来源于巫山县环境空气自动监测站, 该站采用 PM<sub>10</sub> 测定仪 (Metone BAM-1020, 美国) 和五参数气象仪 (Metone 59 系列, 美国) 自动监测, 收集 PM<sub>10</sub>、风向、风速、相对湿度等因子的 1h 均值和 24h 均值。

监测数据分析处理采用 Excel2003 和 SPSS17.0 统计分析软件。

**评价方法:** 采用环境空气质量标准 (GB3095

-1996) 进行评价。

## 2 结果与讨论

### 2.1 时间分布分析

巫山县环境空气自动监测站 2009 年 9 月~2010 年 9 月, 共获得 PM<sub>10</sub> 日均浓度有效数据 356 组, 有效数据率为 97.5%。从表 1 可以看出, PM<sub>10</sub> 日均浓度范围在 15.5~508.2 μg/m<sup>3</sup>, 跨度达 492.7 μg/m<sup>3</sup>; 年平均浓度 95.0 μg/m<sup>3</sup>, 达到国家环境空气质量二级标准; 标准差为 55.6, 方差为 3091.4。分析 PM<sub>10</sub> 浓度分布情况如图 1 所示, 全年 PM<sub>10</sub> 日均浓度分布形态属偏态(左偏)分布, 有一个高于标准正态分布的峰; 偏度系数为 2.519, 偏斜程度较大, 峰度系数为 13.571, 分布陡峭, 表明部分时段巫山县城 区 PM<sub>10</sub> 浓度值很高, 远超平均值, 环境空气质量极差。

表 1 2009 年 9 月~2010 年 9 月巫山县 PM<sub>10</sub> 浓度统计变量 (节选)

平均值/ μg·m <sup>-3</sup>	最大值/ μg·m <sup>-3</sup>	最小值/ μg·m <sup>-3</sup>	跨度/ μg·m <sup>-3</sup>	标准差/ μg·m <sup>-3</sup>	方差/ μg·m <sup>-3</sup>	偏度	峰度
95.0	508.2	15.5	492.7	55.6	3091.4	2.519	13.571

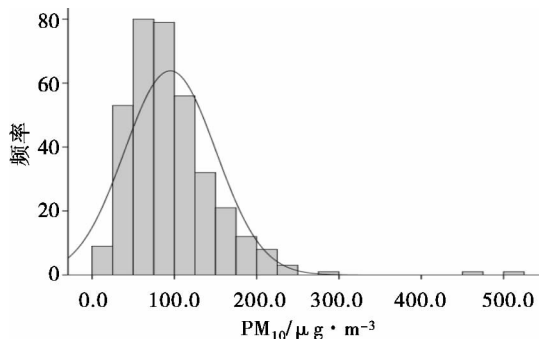


图 1 PM<sub>10</sub> 日均浓度分布图

收稿日期: 2011-01-04

作者简介: 王坚 (1987-), 男, 重庆巫山人, 助理工程师, 从事环境监测工作。

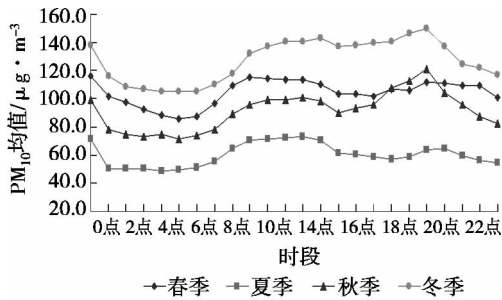


图2 PM<sub>10</sub>浓度小时变化图

### 2.1.1 日变化分析

分析一天24h中各时段PM<sub>10</sub>浓度变化情况如图2所示,PM<sub>10</sub>浓度均值在0点时出现第一个峰值,随后逐渐降低,在凌晨4~5点,达到一天的最低值,春、夏、秋和冬季一天的最低值分别为88.2μg/m<sup>3</sup>、49.0μg/m<sup>3</sup>、71.7μg/m<sup>3</sup>和104.9μg/m<sup>3</sup>。春季在上午9点达到一天的最大值115.6μg/m<sup>3</sup>,其后浓度基本保持稳定,夏季全天最大值73.3μg/m<sup>3</sup>出现在中午12点,而秋、冬季则在晚上19点达到全天的最大值,PM<sub>10</sub>均值分别为120.9μg/m<sup>3</sup>和150.1μg/m<sup>3</sup>,这可能是因为随着人们生产活动的开始,PM<sub>10</sub>源强增大,使其浓度逐渐增加。秋、冬季一天中PM<sub>10</sub>浓度波动幅度较大,春、夏季波动幅度较小,可能是由于秋、冬季节部分时段大气扩散能力不同所致。

### 2.1.2 月变化分析

PM<sub>10</sub>浓度逐月变化表现出明显的差异,从表2可以看出,全年12月共有47d PM<sub>10</sub>日均浓度值超过国家环境空气质量二级标准,超标率为13%;其浓度峰值集中出现在冬季和初春(12、1、2、3月),1月份月均浓度值居全年各月之首,达152.1μg/m<sup>3</sup>,超标15d,超标率达52%;8月份最低,仅为47.5μg/m<sup>3</sup>;全年PM<sub>10</sub>最高日均浓度值508.2μg/m<sup>3</sup>出现在3月,而最大值前后环境空气质量优良,偶然出现的这种极端超标现象,可能是受北方沙尘天气的影响所致。全年PM<sub>10</sub>月均浓度起伏较大如图3所示,1月份以后PM<sub>10</sub>月均浓度呈逐渐降低的趋势,到夏末初秋时,其浓度值又开始回升;10月份PM<sub>10</sub>月均浓度相对较高,可能是由于当月平均风速较低,污染物稀释扩散受到抑制。

### 2.1.3 季节变化分析

通过对四季PM<sub>10</sub>浓度分析发现(如表3),全年PM<sub>10</sub>浓度呈明显的冬重夏轻的季节性污染变化规律,污染程度有:冬季>春季>秋季>夏季的特点;其超标率也有同样的规律,冬季最大达35%,其次是春季和秋季均为9%,夏季超标率最低仅为

1%。这主要是因为冬季气温低,大气湍流交换和垂直扩散能力减弱,易形成稳定的大气层结,污染物输送受到抑制;同时由于天气干燥,易出现扬沙、浮尘天气;再加上地表裸露,土质疏松,刮风时易将地面的尘土和微尘卷起,造成PM<sub>10</sub>浓度偏高。而夏季巫山县气温较高,大气对流发展强烈,有利于污染物的扩散迁移,且夏季多降雨过程,对污染物也起到稀释冲刷的作用。

表2 2009年9月~2010年9月巫山县PM<sub>10</sub>浓度数据统计结果

时间	样本数	范围 /μg·m <sup>-3</sup>	均值 /μg·m <sup>-3</sup>	超标 天数/d	超标 率/%
2009年9月	28	15.5~115.9	72.5±23.1	0	0
2009年10月	31	53.3~175.0	112.1±29.2	4	13
2009年11月	29	18.4~177.1	86.4±45.1	4	14
2009年12月	30	43.5~215.7	114.7±42.7	9	30
2010年1月	29	50.6~220.1	152.1±43.0	15	52
2010年2月	26	29.1~217.0	110.5±49.3	6	23
2010年3月	31	31.3~508.2	120.6±109.7	4	13
2010年4月	30	32.4~248.8	114.7±57.9	4	13
2010年5月	31	23.3~120.6	78.9±23.7	0	0
2010年6月	30	17.4~157.7	81.8±29.7	1	3
2010年7月	30	18.1~124.4	60.0±22.6	0	0
2010年8月	31	18.8~86.4	47.5±16.8	0	0
统计	356	15.5~508.2	95.0±55.6	47	13

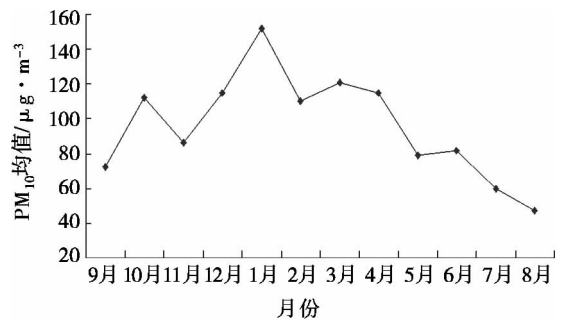


图3 PM<sub>10</sub>浓度月变化图

表3 2009年9月~2010年9月巫山县PM<sub>10</sub>浓度季节变化统计结果

季节	样本数	PM <sub>10</sub> 均值 /μg·m <sup>-3</sup>	PM <sub>10</sub> 超标 天数/d	PM <sub>10</sub> 超标 率/%	温度 /°C	风速 /m·s <sup>-1</sup>	相对湿度 /%
春季	92	104.6	8	9	16.7	1.6	62.7
夏季	91	60.0	1	1	27.1	1.7	67.3
秋季	88	91.0	8	9	18.5	1.6	67.2
冬季	85	126.2	30	35	8.6	1.6	62.8

### 2.2 影响因子分析

从图4可以看出,巫山县城区全年以SSW-S和SSE-SE风向为主,其风向频率分别为28.6%和27.1%,在此风向下PM<sub>10</sub>浓度均值相对较低;



在 W - NW 风向下 PM<sub>10</sub>浓度均值较高。这可能是由于 SSW - S 和 SSE - SE 方向的风是来自江面的峡谷风, 相对较清洁; 而 W - NW 方向是巫山县城的人口商业集中区, 风将道路交通扬尘、建筑施工扬尘等带来, 增大了源强, 因此造成 PM<sub>10</sub>相对较高。PM<sub>10</sub>浓度水平在不同的风向条件下差异较大, 说明风向对 PM<sub>10</sub>浓度的影响非常明显。

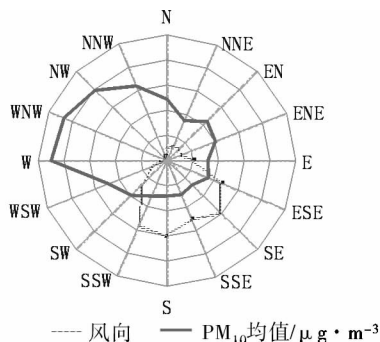


图4 巫山县城风向玫瑰图及PM<sub>10</sub>浓度分布

地面的沙尘扬起, 或将远处的污染物输送过来, 造成空气中颗粒物浓度增加。

由图 5 (b) 可知, PM<sub>10</sub>浓度与相对湿度呈负相关关系。可能是由于相对湿度的增大, 空气中颗粒物凝结使其重量增加, 沉降速度加快, 使得高湿度条件下 PM<sub>10</sub>浓度降低, 这与周学华<sup>[10]</sup>等人的研究结果一致。

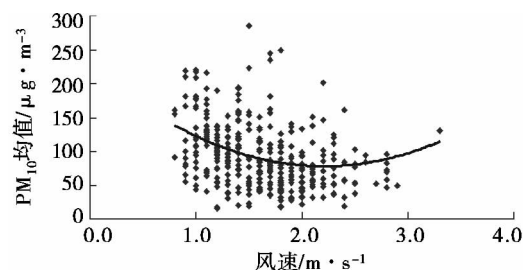
### 3 结论

(1) 巫山县城区 PM<sub>10</sub>年均浓度值达到国家环境空气质量二级标准, 全年共有 47d PM<sub>10</sub>日均浓度值超过国家环境空气质量二级标准; PM<sub>10</sub>日均浓度成偏态 (左偏) 分布, 有明显的季节性污染变化规律, 污染程度有: 冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季; 春、夏季 PM<sub>10</sub>浓度分别在上午 9 点和中午 12 点达到一天的最大值, 而秋、冬季的最大值则出现在晚上 19 点。

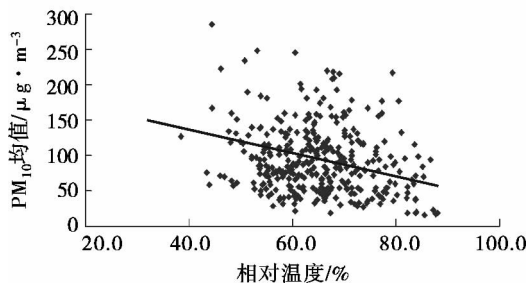
(2) 风向对 PM<sub>10</sub>浓度有明显的影 响, SSW - S 和 SSE - SE 风向下 PM<sub>10</sub>浓度均值较低, W - NW 风向下 PM<sub>10</sub>浓度均值较高; 风速和 PM<sub>10</sub>浓度的关系先体现为负相关, 但达到一定阈值时, 又表现出正相关关系; 相对湿度和 PM<sub>10</sub>浓度呈负相关关系。

#### 参考文献:

- [1] 张祥盛, 谈东, 杨娟. 重庆市永川区 PM<sub>10</sub>浓度与气象因子相关性研究 [J]. 三峡环境与生态, 2010, (9).
- [2] 张继娟, 魏世强. 我国城市大气污染现状与特点 [J]. 四川环境, 2006, (6).
- [3] 魏玉香, 童尧青, 银燕, 等. 南京市 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 PM<sub>10</sub>变化特征及其与气象条件的关系 [J]. 大气科学学报, 2009, (6).
- [4] 冯建军, 沈家芬, 梁任重, 等. 广州市 PM<sub>10</sub>与气象要素的关系分析 [J]. 中国环境监测, 2009, (2).
- [5] 周志恩, 杨三明, 张丹, 等. 重庆市主城区 PM<sub>10</sub>与能见度相关性研究 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21 (3).
- [6] 谢鹏, 刘晓云, 刘兆荣, 等. 不同控制指标下的大气 PM<sub>10</sub>浓度对人群的健康影响 [J]. 中国环境科学, 2010, 30 (1).
- [7] 黎明, 贾继霞, 张艳红. 大气可吸入颗粒物对环境和人体健康的危害 [J]. 安阳学院学报, 2009, (4).
- [8] 朱晶晶, 李娜, 黄蓉, 等. 大气颗粒物与冠心病患者死亡率之间关系的 Meta 分析 [J]. 职业与健康, 2010, (6).
- [9] 冯喜媛, 高枫亭, 药明, 等. 长春市大气颗粒物 PM<sub>10</sub>分布及其与气象因子的相关分析 [J]. 中国粉体技术, 2010, (2).
- [10] 周学华, 王哲, 郝明途, 等. 济南市春季大气颗粒物污染研究 [J]. 环境科学学报, 2008, 28 (4).



(a) 与风速的关系



(b) 与相对湿度的关系

图5 PM<sub>10</sub>浓度与气象因子关系图

风速对 PM<sub>10</sub>浓度的影响如图 5 (a) 所示, 随着风速的增大, PM<sub>10</sub>浓度逐渐降低, 当风速达到一定程度后 PM<sub>10</sub>浓度又随风速的增大而增加, 这与冯喜媛<sup>[9]</sup>等人的研究结果一致。说明风速小不利于污染物的扩散, 随着风速的增大, 污染物逐渐被稀释扩散, 但当风速达到一定程度时, 大风又会将

(下转第 66 页)

# 长春市空气环境污染状况、环境问题及防治对策

丁大玮, 孙柏峰, 史志红, 牛小宁

(长春市环境监测中心站, 吉林 长春 130012)

**摘要:**以长春市第一次污染源普查为基础,分析了长春市空气环境污染状况、主要的环境问题,并提出了防治对策。

**关键词:**空气环境; 污染状况; 防治对策; 长春

**中图分类号:** X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0056-02

长春市地处东北平原中央,是东北地区天然地理中心,总人口 868.72 万。

长春市是国家卫生城市,国家园林城市,素有“汽车城”、“电影城”、“光电之城”的美誉,是中国汽车、电影、光学、生物制药、轨道客车等行业的发源地;也是中国重要的商品粮基地之一,粮食总产量、商品量、商品率均居全国大城市之首。2008 年,长春市实现地区生产总值 2588 亿元。

## 1 长春市空气环境污染状况

### 1.1 废气排放状况

2007 年,长春市废气排放总量为 17182838.953 万  $m^3$ ,其中工业源废气排放量为 15037082.8 万  $m^3$ ,占全市废气排放总量的 87.51%;生活源废气排放量为 2051004.153 万  $m^3$ ,占全市废气排放总量的 11.94%;集中式污染治理设施废气排放量为 94752 万  $m^3$ ,占全市废气排放总量的 0.55%。

### 1.2 废气排放状况(表 1)

表 1 各类污染源废气及其污染物排放情况统计表 (1)

项目	废气排放量/万 $m^3$	烟尘	二氧化硫	氮氧化物
工业源	15037082.8	51342.4	51124.3	46998.1
生活源	2051004.153	16234.39	12073.14	4841.447
机动车				42875.16
集中式污染治理设施	94752	61.69	63.66	148.77
全市合计	17182838.953	67638.482	63261.10	94863.477

## 2 主要环境问题

### 2.1 冬季采暖期环境质量还不够稳定

从空气质量监测数据看,长春市空气超标天数主要集中在冬季。主要原因是冬季采暖期大量燃煤。长春市年燃煤量 1222 万 t,其中 70% 以上集

中在采暖期。如遇逆温天气,燃煤锅炉排放的烟尘难以在大气中扩散,极易引起可吸入颗粒物超标。

### 2.2 油烟、异味污染普遍存在

2007 年,全市餐饮业已达到了 6836 户。餐饮业的快速发展,给全市经济发展注入了活力,但是随之也带来了一些环境问题。由餐饮业引起的油烟、噪声等环境问题也日益突出,且呈逐年上升趋势。由于缺少专门的法律法规和统一规划,许多餐饮业经营场所直接设在居民住宅楼下,有的商住楼未设专用的餐饮排烟管道,出现油烟、噪声等污染问题,仅靠污染防治设施难以有效解决。

随着农副产品加工业的快速发展,玉米等农副产品深加工过程产生的异味问题随之而来。由于技术、管理等方面原因,对异味处理还难以达到群众满意的程度,群众信访不断。

### 2.3 城区周边、县(市)空气环境质量不容乐观

从空气环境质量监测结果看,市区空气环境质量好于县(市),市中心要好于城区周边。一是由于城区周边、城乡结合部、县(市)城市环境基础设施较差,裸露地面较多,扬尘污染严重;二是因为城区周边、部分老城区还未实行集中供热,县(市)城区热源建设还没有列入工作日程,仍采用燃烧方式落后的小锅炉进行供热,分散小锅炉冒黑烟现象仍然存在;三是城区周边和县(市)生产用小锅炉,如豆腐房、烧开水、热饭等小锅炉还有冒黑烟现象。

### 2.4 机动车排气污染呈上升趋势

2007 年,全市共有机动车 77.8 万辆。年排放总颗粒物 4277.995t,氮氧化物 42875.165t,一氧化碳 334010.237t,碳氢化合物 39948.827t。这些污染物集中在离地面 1m 左右的层面排放,正处在人的呼吸带附近,侵害呼吸系统、神经系统,直接危害人体健康,尤其对抵抗力较弱的老人、儿童和

长期暴露在交通环境中的人群影响更为突出。随着人民生活水平的不断提高,长春市机动车保有量将继续增加,由此引起的环境问题将日益突出。

### 3 空气污染防治对策

#### 3.1 统筹规划城市热源,大力发展集中供热

针对长春市冬季空气环境质量还不稳定的实际情况,要继续大力发展集中供热,减少分散污染源。今后,长春市规划区内不得新建分散的小型供暖锅炉房,原有分散采暖锅炉房要逐步实行热电联产供热或区域锅炉集中供热,建立以热电联产和区域锅炉集中供热为主,电、气、油供热为辅的供热系统。加快热电联产和区域集中供热工程建设,完成热电一厂搬迁、热电二厂扩建及热电三厂建设工程,改造供热管网,淘汰城区10t以下分散供暖锅炉,重点推进城区周边分散采暖锅炉的并网改造。各县(市)应统筹规划建设热电联产供热或区域锅炉集中供热热源,逐步淘汰4t以下供暖锅炉。热电厂及二氧化硫排放大户要安装脱硫设施,控制二氧化硫排放量。

#### 3.2 调整能源结构,推广使用清洁能源

继续加快城市热化、电化、气化工程建设,积极开发利用太阳能、地热等新型能源,推广应用秸秆、稻壳等可再生能源,推进循环经济发展,提高清洁能源比例,优化能源结构。城市建成区范围内生活燃煤设施全部改用清洁能源;配套、完善天然气管网,推进天然气引进工程,提高燃气供应能力;改造城市电网,增大容量;用天然气、电和其它清洁能源作为燃煤替代品。调整广大农村、城镇的能源结构,开发、推广新能源,如沼气、植物秸秆的气化等,减少燃煤量。

#### 3.3 强化监管,控制油烟、异味污染

制定出台《长春市服务业环境污染防治条例》,对新建餐饮服务业在选址、污染防治等方面

提出严格要求,从源头控制油烟污染。对现有餐饮服务强化日常监督检查,对油烟等污染物排放超过国家或者地方规定的排放标准的,一律限期治理,逾期治理不达标的,责令关闭。积极研究探索异味污染治理技术,加强监督检查,控制农副产品加工过程中产生的异味污染。

#### 3.4 严把机动车检验关,控制尾气污染

制定机动车排气污染防治管理办法,加强机动车排气管理和检测。对在用车实施环保标志管理,达标车使用绿色标志,超标车使用黄色标志,车辆达到报废年限,但其排放仍符合排放标准的使用红色标志。机动车尾气超标车辆不得上路行驶,限制红色和黄色标志的机动车在特殊路段和特定时段通行。规范县(市)机动车年检,未经省环保行政主管部门委托的机动车检测单位,不得开展机动车尾气检测。全面淘汰化油器车辆,广泛采用压缩天然气和液化石油汽车,应用燃油清洁剂技术;推广电喷发动机及三元催化净化器;使用无铅汽油及开发使用轻轨电车等,减少机动车尾气污染。改善城市道路和交通状况,鼓励和改进大型公交设施,提高公交车的行驶速度和使用效率,引导公众多采用公共交通方式。

#### 3.5 采取有效措施,控制扬尘污染

重点要加强城乡结合部和县城的城区绿化、裸露地面的铺装和道路维修维护。加强运输车辆管理,有效遏制道路遗撒。加强对建筑施工的管理,推行文明施工、科学管理,工地出入口无裸露地面。加强堆场的扬尘管理,尽快完成所有大小煤场、矿场、堆料场、灰堆等场所的综合整顿,实施规范管理。安装扬尘监测报警设施,施行洒水覆盖或喷洒覆盖剂,减少扬尘产生量,改善堆场周围颗粒物污染扰民状况。

## Air Environment Pollution and Environmental Problems and Countermeasures in Changchun

DING Da-wei, SUN Bo-feng, SHI Zhi-hong, NIU Xiao-ning

(Changchun Environmental Monitoring Center, Changchun Jilin 130012 China)

**Abstract:** The status of air environmental pollution in Changchun was analyzed as well as the main environmental problems based on the results from the First National Pollution Source Census. The countermeasures were put forward.

**Key words:** air environment; pollution status; countermeasure; Changchun

# 秦皇岛口岸入境船舶压载水中 微生物携带情况调查

冯云霄<sup>1</sup>, 张乐<sup>2</sup>, 方振东<sup>1</sup>, 朱永利<sup>1</sup>, 张楷<sup>1</sup>

(1. 后勤工程学院, 重庆 401331; 2. 中国检验检疫科学研究院卫生检疫所, 北京 100024)

**摘要:**通过对秦皇岛口岸两个港口进行实地采样, 随机选取 20 艘入境船舶作为监测对象, 分析了压载水 pH、比重、水温、浊度, 并研究了压载水中病原微生物的携带状况。通过分析和研究发现, 入境船舶压载水中携带有一定量的病原微生物。本次调查结果与相关文献资料说明了船舶压载水已成为多种微生物包括病原微生物的重要传播途径, 相关部门应制订出相应的预防控制与管理措施。

**关键词:**压载水; 微生物; 调查; 秦皇岛

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0058-04

船舶压载水是指为稳定船体重心, 使其处于适航状态, 在底舱注入的适量水体。压载水储存于专门的压载水水舱中或者储存于经特别加固的货舱之中。压载水是船舶航行的重要安全保证。据美国和澳大利亚 2001 年统计, 每年排入其境内的压载水量分别达到 8000 万 t 和 1.2 亿 t; 而据国际海事组织 (IMO) 估计, 每年在全球各地转运的压载水量高达 120 亿 t<sup>[1]</sup>。

为了船舶安全航行, 压载水是必备之物, 但同时也对生态环境和人类健康造成了严重危害。压载水是外来生物入侵的重要载体, 每天至少有成以万计的海洋微生物和动植物通过压载水在全球流动, 并随压载水被带到世界各地。这些外来物种不仅威胁到当地的生态平衡, 其中携带的病原微生物还给人类健康带来巨大隐患。

1973 年, IMO 首次提出压载水是疾病传播的一个重要的、潜在性的媒介, 呼吁对其进行科学研究。此后的研究也证实了压载水可携带多种病原体, 包括霍乱弧菌、大肠埃希杆菌、多种病毒<sup>[2]</sup>。霍乱弧菌甚至能够侵入某些藻类, 然后使自身进入静止状态, 伴随着藻类通过压载水传播到世界各地, 条件成熟就能再次成为传染性的致病因子<sup>[3]</sup>。

本研究对秦皇岛口岸入境船舶携带的压载水进行了 2 个月的调查, 以了解船舶压载水中病原微生物的携带状况。

## 1 对象与方法

### 1.1 调查对象

装载境外压载水的入境船舶。

### 1.2 调查方法

#### 1.2.1 采样点设置

本次研究分秦皇岛黄骅港和京塘港两个区域, 其中黄骅港的采样点设在黄骅港码头; 京塘港的采样点设在京塘港码头。

#### 1.2.2 样本选择

本次调查自 2010 年 6 月起至 2010 年 8 月结束。对于在此期间挂靠采样点码头的装有压载水的入境船舶进行压载水的调查与取样。应用随机数字法对符合条件的船舶进行随机性抽样, 共选取满足条件的船舶 20 艘, 采得压载水样 35 份, 其中黄骅港船舶 12 艘, 水样 21 份; 京塘港船舶 8 艘, 水样 14 份。

#### 1.2.3 检验、监测项目

(1) 一般性检测: pH 值、比重、水温、浊度等;

(2) 病原微生物检测: 细菌总数、大肠菌群、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、腊样芽孢杆菌、副溶血性弧菌、致泻大肠埃菌、板奇肠杆菌。

#### 1.2.4 样品采集、处理及分析

(1) 样品采集: 根据压载舱数目, 按“之”字形或“品”字形采样, 每船共采压舱水样约 10L, 从底舱至甲板垂直采取各压载水舱内水样, 混合后, 详细记录装载地点、时间及数量, 并及时送检。

(2) 病原微生物检验: 将样本进行细菌培养、分离、鉴定, 检验大肠菌群、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、腊样芽孢杆菌、副溶血性弧菌、致泻大肠埃菌、板奇肠杆菌, 检出即为阳性。

收稿日期: 2010-12-01

作者简介: 冯云霄, 男, 硕士生, 主要从事军事环境安全管理研究。

(3) 统计学处理: 对数据均进行正态性检验, 符合正态性分布的资料采用平均数/标准差表示其平均水平, 非正态性分布资料其平均水平采用中位数/四分位数间距表示, 并采用中位数检验及 Wilcoxon 秩和检验法进行比较分析。计数资料采用  $\chi^2$  检验, 以上分析均在 SPSS13.0 软件中进行。

表1 入境船舶压载水装载地区分布及装载量(部分)

港口	船名	压载水装载地区	装载量/t
京塘港	LIMAY STAR	韩国	10688.1
	YINGXIN	韩国	86431
	TULING	台湾	68532
	YOUYUE	日本	7024
黄骅港	KENSHO	日本	5333.6
	DANGJIN	韩国	11000
	KWANGYA	韩国	15993
	HSINHO	台湾	21100
	KOHINOOK	日本	9784
	FIATA	韩国	53432

## 2 结果

### 2.1 压载水装载地区分布及压载量

本次调查的秦皇岛入境船舶压载水装载地区分布及装载量如表1所示。由表1可见, 压载压载水较多的国家与地区主要有韩国、日本, 其次为台

湾、澳大利亚、巴拿马等, 其中韩国、日本等国家海域环境条件与我国十分相似, 这些国家海域内的病原微生物一旦通过压载水传入我国海域, 极有可能因比较适应我国海域的地理环境条件而大量生长、繁殖, 造成该病原体在我国的传播, 从而导致疾病的流行。

### 2.2 压舱水基本指标检测

秦皇岛入境船舶压载水的基本指标检测结果见表2和表3。表2和表3按船舶入境的区域进行了分类统计分析, 在分析前对数据分别作了正态性检验。调查结果发现: 排放至黄骅港的压载水 pH、比重、水温、浊度分别为 8.1、1.023kg/m<sup>3</sup>、13.36℃、3.631°, 排放至京塘港的压载水 pH、比重、水温、浊度分别为 8.2、1.023kg/m<sup>3</sup>、13.37℃、3.509°。将黄骅港压载水的基础指标与京塘港的基础指标相比较, 结果为, pH、比重、水温、浊度 4 项指标两个口岸差异未达显著性水平 ( $p > 0.05$ ), 即该 4 项指标两处采样点并无差异。将黄骅港和京塘港数据合并后分析排放至秦皇岛口岸的船舶压载水 4 项检测指标结果为: pH、比重、水温、浊度分别为 8.2、1.023kg/m<sup>3</sup>、13.36℃和 3.582°。

表2 秦皇岛入境船舶携带压载水的 pH 值、比重检测结果

编号	国家	pH	比重/Kg·m <sup>-3</sup>	编号	国家	pH	比重/Kg·m <sup>-3</sup>	编号	国家	pH	比重/Kg·m <sup>-3</sup>
HHG1	澳大利亚	8.4	1.020	HHG13	日本	8.2	1.025	JTG4	菲律宾	8.3	1.023
HHG2	澳大利亚	8.3	1.017	HHG14	台湾	8.1	1.023	JTG5	菲律宾	8.4	1.023
HHG3	菲律宾	8.3	1.020	HHG15	台湾	8.1	1.024	JTG6	菲律宾	8.3	1.024
HHG4	韩国	8.2	1.024	HHG16	台湾	8.1	1.024	JTG7	韩国	8.2	1.024
HHG5	韩国	8.1	1.024	HHG17	印度	8.0	1.024	JTG8	日本	8.1	1.025
HHG6	韩国	8.2	1.024	HHG18	印度	8.1	1.025	JTG9	日本	8.1	1.024
HHG7	韩国	8.1	1.024	HHG19	印尼	8.0	1.023	JTG10	日本	8.2	1.024
HHG8	韩国	8.1	1.024	HHG20	印尼	8.1	1.023	JTG11	印尼	8.2	1.024
HHG9	日本	8.2	1.025	HHG21	印尼	8.1	1.024	JTG12	印尼	8.3	1.024
HHG10	日本	8.1	1.024	JTG1	澳大利亚	8.4	1.017	JTG13	印尼	8.1	1.024
HHG11	日本	8.1	1.025	JTG2	澳大利亚	8.4	1.016	JTG14	印尼	8.2	1.025
HHG12	日本	8.2	1.024	JTG3	菲律宾	8.3	1.022				

表3 秦皇岛入境船舶携带压载水的温度、浊度检测结果

编号	国家	温度/℃	浊度/°	编号	国家	温度/℃	浊度/°	编号	国家	温度/℃	浊度/°
HHG1	澳大利亚	13.46	3.455	HHG13	日本	13.36	3.805	JTG4	菲律宾	13.37	3.484
HHG2	澳大利亚	13.41	3.450	HHG14	台湾	13.36	3.845	JTG5	菲律宾	13.36	3.442
HHG3	菲律宾	13.38	3.411	HHG15	台湾	13.32	3.834	JTG6	菲律宾	13.36	3.469
HHG4	韩国	13.35	3.595	HHG16	台湾	13.35	3.857	JTG7	韩国	13.34	3.499
HHG5	韩国	13.36	3.557	HHG17	印度	13.33	3.634	JTG8	日本	13.32	3.723
HHG6	韩国	13.34	3.546	HHG18	印度	13.38	3.628	JTG9	日本	13.39	3.743
HHG7	韩国	13.32	3.563	HHG19	印尼	13.34	3.368	JTG10	日本	13.38	3.735
HHG8	韩国	13.35	3.561	HHG20	印尼	13.31	3.352	JTG11	印尼	13.35	3.411
HHG9	日本	13.35	3.866	HHG21	印尼	13.39	3.316	JTG12	印尼	13.36	3.420
HHG10	日本	13.34	3.892	JTG1	澳大利亚	13.43	3.476	JTG13	印尼	13.34	3.360
HHG11	日本	13.34	3.870	JTG2	澳大利亚	13.45	3.497	JTG14	印尼	13.34	3.416
HHG12	日本	13.33	3.848	JTG3	菲律宾	13.36	3.457				

### 2.3 压载水病原微生物指标检测

表5为秦皇岛入境船舶压载水8项细菌学指标检测结果。对细菌总数指标进行正态性检验提示P值均>0.05,属正态性分布,故以平均数值表示其平均水平,排放至黄骅港与京塘港的船舶压载水样细菌总数分别为224/ml与151/ml,将黄骅港压载水细菌总数与京塘港的相比(表4),Wilcoxon W值=183.00, P=0.02 (<0.05),提示两者差异达到显著性水平,排放至黄骅港的压载水中细菌总数明显高于排放至京塘港的。将两数值合并后计算得排放至秦皇岛口岸的压载水样中的细菌总数平均为195/ml。

表4 两港口细菌总数 Wilcoxon 秩和检验结果

	VAR00003
Mann - Whitney U	78.000
Wilcoxon W	183.000
Z	-2.325
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020
Exact Sig. [2* (1-tailed Sig.)]	.020 (a)
a Not corrected for ties.	
b Grouping Variable: VAR00004	

排放至黄骅港和京塘港的压载水中分别有12份和10份样品的大肠菌群指标<2.5CFU/ml,为检出阴性,其余压载水水样中大肠菌群指标均>2.5CFU/ml,为检出阳性;压载水中金黄色葡萄球菌检测,黄骅港和京塘港分别有1份和2份样品为检出阴性,其余为阳性;沙门氏菌指标黄骅港和京塘港分别有7份和4份样品为检出阴性,其余为阳性;腊样芽孢杆菌指标黄骅港和京塘港分别有1份和2份样品为检出阴性,其余为阳性;副溶血弧菌指标只有京塘港有2份样品为检出阴性,其余都为阳性;致泻大肠埃菌指标黄骅港和京塘港分别有10份和8份样品为检出阴性,其余为阳性;板奇肠杆菌指标黄骅港和京塘港都分别有5份样品为检出阴性,其余为阳性。

### 3 讨论

本次对秦皇岛口岸20艘入境船舶携带的压载水进行了调查研究,对8项细菌学指标的检测分析发现:排放至秦皇岛口岸的压载水中细菌总数平均达195/ml,其中,排放至黄骅港的压载水中细菌总数平均为224/ml,排放至京塘港的压载水中细菌总数平均为151/ml;排放至黄骅港和京塘港的压载水中大肠菌群指标分别有12份和10份样品为检出阴性,金黄色葡萄球菌检测指标分别有1份和

2份样品为检出阴性,沙门氏菌指标分别有7份和4份样品为检出阴性,腊样芽孢杆菌指标分别有1份和2份样品为检出阴性,副溶血弧菌指标只有京塘港有2份样品为检出阴性,致泻大肠埃菌指标分别有10份和8份样品为检出阴性,板奇肠杆菌指标都分别有5份样品为检出阴性。

表5 8项细菌学指标检测结果

编号	对应的原始编号	细菌总数	大肠菌群	金黄色葡萄球菌	沙门氏菌	腊样芽孢杆菌	副溶血弧菌	致泻大肠埃菌	板奇肠杆菌
1	HHG1	34	0	1	1	1	1	1	1
2	HHG2	26	0	1	1	1	1		1
3	HHG3	39	0	1	1	1	1		
4	HHG4	330	4	1	1	1	1	1	1
5	HHG5	437	0	1		1	1		1
6	HHG6	310	3	1	1	1	1	1	1
7	HHG7	474	51	1	1	1	1	1	1
8	HHG8	340	6	1		1	1	1	
9	HHG9	412	5	1	1	1	1	1	1
10	HHG10	244	2	1	1	1	1	1	1
11	HHG11	247	2	1	1	1	1		1
12	HHG12	231	0	1		1	1		1
13	HHG13	324	6	1	1	1	1		
14	HHG14	403	0	1		1	1		1
15	HHG15	240	6	1	1	1	1	1	1
16	HHG16	382	17	1	1	1	1		1
17	HHG17	90	5	1		1	1	1	1
18	HHG18	125	2	1	1	1	1	1	1
19	HHG19	7	0	1		1	1		
20	HHG20	3	1	1	1	1	1	1	1
21	HHG21	0	0				1		
22	JTG1	0	0	1	1	1	1		1
23	JTG2	53	17	1	1	1	1	1	1
24	JTG3	46	0	1	1	1	1		1
25	JTG4	2	0	1		1	1		1
26	JTG5	0	0	1		1	1		
27	JTG6	16	0						
28	JTG7	1230	162	1	1	1	1	1	1
29	JTG8	246	0	1	1	1	1	1	1
30	JTG9	165	37	1	1	1	1	1	1
31	JTG10	331	76	1	1	1	1	1	1
32	JTG11	1	0						
33	JTG12	1	0	1	1	1	1		
34	JTG13	1	0	1	1	1	1	1	1
35	JTG14	12	0	1	1	1	1		

注:1为检出阳性。

本次调查中发现了致病菌,并已有相关文献证明在发展中国家,人类疾病经压载水传播的威胁大

幅度增加。若饮用水供应缺乏卫生处理或处理不充分,会使当地人群感染由压载水携带到港口而流行的疾病。如1993年4月密尔沃基市暴发大规模的微小隐孢子虫感染,影响到近40万人的健康安全,有4000余人住医,并导致110人死亡。这次暴发流行所造成的经济影响估计超过5400万美元<sup>[4]</sup>。

在本次调查结果和参考文献的基础上,有理由得出入境船舶压载水中携带病原体的结论,并且这些病原体与人类疾病间有着密切的联系。同时,通过本次调查可以发现,船舶压载水微生物污染程度较高,为达到IMO标准以及我国制订的相关法律,压载水需进行处理后再排放,所以急需一种行之有效,简单快捷的处理方法,同时,也需要相关部门

制订出相应的预防控制与管理措施。

参考文献:

- [1] 胡承兵. 阻止“搭乘”于压载水中的外来生物入侵者 [J]. 交通环保, 1999, 20 (4).
- [2] Cangalosi A, Knight IT. Evaluating bioeffectiveness of flow-through mechanical ballast water treatment systems (cyclonic separation and UV, and filtration and UV) at the pilot and full-scales. Second International Conference on Marine Bioinvasions, 2001, New Orleans, Louisiana.
- [3] Monroe PM, RR Colwell. Fate of *Vibrio cholerae* O1 in seawater micro-cosms [J]. Water Research, 1996, (30).
- [4] MacKenzie WR, Hoxie HM, Proctor, et al. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply [J]. New England Journal of Medicine, 1994, (331).

## Investigation of Microbe Taken by Ballast Water of Entry Ships in Qinhuangdao Port

FENG Yun-xiao<sup>1</sup>, ZHANG Le<sup>2</sup>, FANG Zhen-dong<sup>1</sup>, ZHU Yong-li<sup>1</sup>, ZHANG Kai<sup>1</sup>  
(1. Logistical Engineering University, Chongqing 401331 China)

**Abstract:** Based on the field sampling on two ports in Qinhuangdao and randomly selecting 20 entry ships as targets, pH, proportion, temperature and turbidity of the ballast water were analyzed, and the pathogenic microorganisms carried by the ballast water were studied also. Through the analysis and research, it is easy to find out that a certain amount of pathogenic microorganisms are carried by ballast water of entry ships. Based on this investigation verified by the results of the literature, this paper illustrates that ballast water of entry ships has been an important vector of many kinds of pathogens. The results provide an important reference for relevant departments to work out the corresponding prevention, control and management measures.

**Key words:** ballast water; microbe; investigate; Qinhuangdao

# 基于 PLS 的火电二氧化硫减排因素分析研究

霍志磊<sup>1</sup>, 匡建超<sup>1</sup>, 王 众<sup>1</sup>, 杨慧慧<sup>1</sup>, 冯 适<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 四川省环境信息中心, 四川 成都 610000)

**摘 要:** 以四川省为例, 以火电二氧化硫排放量作为因变量, 对不同时间、不同地区的样本采样, 采用偏最小二乘回归分析方法, 建立自变量的偏最小二乘回归模型。该模型综合了多元回归分析、主成分分析及典型相关分析, 很好地解决了由变量多重相关性、样本点少于自变量个数等引起的模型预测精度不高的问题, 同时也避免了使用普通最小二乘回归方法所引起的模型回归系数异常的问题。结果显示, 所建模型解释能力强、预测精度高, 能为相关部门制定二氧化硫减排措施提供科学的依据。

**关键词:** 火电二氧化硫; 多重相关性; 交叉有效性检验; 偏最小二乘回归

**中图分类号:** X51    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0062-05

二氧化硫是形成酸雨的主要物质之一, 对环境有极大危害。由于我国一次能源以煤炭为主、二次能源以火电为主的能源结构在短期内难以得到根本性改变, 加之国家对污染物排放总量的严格控制, 使得火电行业二氧化硫排放问题成为国家进行大气污染治理的重中之重。国内学者对于火电二氧化硫排放控制的研究主要集中在宏观制度层面<sup>[1-6]</sup>, 从定量角度来分析的相关研究还很少, 目前只有一些学者进行了初步探讨<sup>[7,8]</sup>。因此, 有必要建立一个准确适用的数学定量模型来分析火电二氧化硫的减排因素, 从而抓住重点推进减排工作的进行。然而在火电二氧化硫的排放中, 影响其排放量的随机性和复杂性因素比较多, 一般的多元回归分析方法很难克服变量之间的多重相关性及样本容量少于自变量等现实问题, 从而导致了模型结构的不合理, 模型预测结果的失真。

偏最小二乘回归 (Partial Least Squares Regression, PLS) 是一种新型的多元统计数据分析方法, 它融合了最小二乘方法、主成分分析及典型相关分析方法。近几十年来, 它在理论、方法和应用方面都得到了迅速的发展<sup>[9]</sup>。基于此, 笔者采用偏最小二乘回归分析方法进行火电二氧化硫影响因素的分析、预测, 该方法可以很好地消除变量的多重相关性, 并且所建模型在实际系统中的可解释性更强。

## 1 PLS 原理及算法

### 1.1 基本原理

设有  $q$  个因变量  $Y(y_1, y_2, \dots, y_q)$  与  $p$  个自变量

$X(x_1, x_2, \dots, x_p)$ , 观测了  $n$  个样本点, PLS 分别在  $X$  与  $Y$  中提取出第一偏最小二乘成分  $t_1$  和  $u_1$  ( $t_1$  是  $x_1, x_2, \dots, x_p$  的线性组合;  $u_1$  是  $y_1, y_2, \dots, y_q$  的线性组合)。在提取这两个成分时, 为了回归分析的需要, 有下列要求<sup>[9-14]</sup>:

(1)  $t_1$  和  $u_1$  尽可能多地代表数据表中的数据变异信息, 即有

$$\text{Var}(t_1) \rightarrow \max, \text{Var}(u_1) \rightarrow \max \dots \dots \quad (1)$$

(2)  $t_1$  和  $u_1$  相关程度应最大, 即有

$$r(u_1, t_1) \rightarrow \max \dots \dots \quad (2)$$

这两个要求表明:  $t_1$  和  $u_1$  应尽可能好地代表  $X$  和  $Y$ , 同时自变量的成分  $t_1$  对因变量的成分  $u_1$  又有最强的解释能力。或者换个说法, 在主成分分析中, 对于一组自变量的多维数据  $X$ , 为找到能最好概括原数据信息的综合变量, 可以在  $X$  中提取第一主成分  $F_1$ , 使得  $F_1$  中所包含的原数据变异信息达到最大; 在典型相关分析中, 为了从整体上研究因变量数据组  $Y$  和自变量数据组  $X$  之间的相关关系, 可分别在  $X$  和  $Y$  中提取典型成分  $F_1$  和  $G_1$ , 在原变量数据均是标准化的条件下使它们满足:

$$\begin{aligned} & \max r(F_1, G_1) \\ \text{s. t. } & \begin{cases} F_1' F_1 = 1 \dots \dots \\ G_1' G_1 = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

上式中参数具体化后, 可通过拉格朗日算法求解, 详细推导过程可参考文献[9]。

在第一偏最小二乘成分被提取后, 实施  $X$  和  $Y$  对  $t_1$  的回归。若精度满足要求, 则算法终止; 否则, 利用  $X$  从被  $t_1$  解释后的残余数据和  $Y$  被  $t_1$  解释后的残余数据, 提取第二偏最小二乘成分  $t_2$  和  $u_2$  并进行回

收稿日期: 2010-11-24

作者简介: 霍志磊 (1985-), 男, 河南开封人, 成都理工大学信息管理学院研究生, 研究方向: 环境评价及治理。



归分析,如此反复,直到满足精度为止。假设最终从自变量  $X$  中提取了  $m$  个偏最小二乘成分  $t_1, t_2, \dots, t_m$ , 则实施  $Y$  对  $t_1, t_2, \dots, t_m$  的回归分析。由于  $t_1, t_2, \dots, t_m$  均可以由  $X$  线形表示,则可以建立  $Y$  对  $X$  的回归模型。

### 1.2 算法推导

#### (1) 数据的标准化处理<sup>[9,10,15]</sup>

为了使样本点的集合重心和坐标原点重合,对样本点进行标准化处理,消除不同量纲的影响,使各种数据具有可比性。 $X$  经标准化后的数据矩阵记为  $E_0 = (E_{01}, E_{02}, \dots, E_{0p})_{n \times p}$ ,  $Y$  经标准化处理后的数据矩阵记为  $F_0 = (F_{01}, F_{02}, \dots, F_{0p})_{n \times q}$ 。

#### (2) 偏最小二乘成分提取<sup>[9,10]</sup>

$t_1$  是  $E_0$  的第一个成分,  $t_1 = E_0 w_1$ ,  $w_1$  是  $E_0$  的第 1 个轴,它是一个单位向量,即  $\|w_1\| = 1$ 。同样,  $u_1$  是  $F_0$  的第一个成分,  $u_1 = F_0 c_1$ ,  $c_1$  是  $F_0$  的第 1 个轴,它是一个单位向量,即  $\|c_1\| = 1$ 。

求  $E_0$  和  $F_0$  对  $t_1$  的回归方程:

$$E_0 = t_1 p_1^T + E_1 \dots \dots \quad (4)$$

$$F_0 = u_1 r_1^T + F_1 \dots \dots \quad (5)$$

其中,  $E_1$  和  $F_1$  分别是方程(4)、(5)的残差矩阵,  $p_1$  和  $r_1$  分别是两个方程的回归系数向量。

$$p_1 = \frac{E_0^T t_1}{\|t_1\|^2} \dots \dots \quad (6)$$

$$r_1 = \frac{F_0^T t_1}{\|t_1\|^2} \dots \dots \quad (7)$$

用残差矩阵提取第二个主成分,求  $E_1$  和  $F_1$  对  $t_2$  的回归方程

$$E_1 = t_2 p_2^T + E_2 \dots \dots \quad (8)$$

$$F_1 = u_2 r_2^T + F_2 \dots \dots \quad (9)$$

其中,  $E_2$  和  $F_2$  分别是方程(8)、(9)的残差矩阵,  $p_2$  和  $r_2$  是回归系数向量。

$$p_2 = \frac{E_1^T t_2}{\|t_2\|^2} \dots \dots \quad (10)$$

$$r_2 = \frac{F_1^T t_2}{\|t_2\|^2} \dots \dots \quad (11)$$

如此计算下去,一直到  $m$  步,根据  $E_{m-1}$  和  $F_{m-1}$  计算第  $m$  个轴  $w_m$  和  $c_m$  以及第  $m$  个成分  $t_m$  和  $u_m$ 。其中,  $w_m$  是对应于矩阵  $E_{m-1}^T F_{m-1} F_{m-1}^T E_{m-1}$  最大特征值  $\theta_{m-1}^2$  的特征向量,  $c_m$  是对应于矩阵  $F_{m-1}^T E_{m-1} E_{m-1}^T F_{m-1}$  最大特征值的特征向量<sup>[9]</sup>。

$$E_{m-1} = t_m p_m^T + E_m \dots \dots \quad (12)$$

$$F_{m-1} = u_m r_m^T + F_m \dots \dots \quad (13)$$

#### (3) 交叉有效性检验<sup>[9~11]</sup>

一般的 PLS 回归的精度通过交叉有效性分析来检验,设:此时提取了第  $h$  个偏最小二乘成分  $t_h$  和  $u_h$ , 则  $t_h$  的交叉有效性  $Q_h^2$  被定义为:

$$Q_h^2 = 1 - \frac{\sum_{h=1}^q PRESS_{hk}}{\sum_{k=1}^q SS_{(h-1)k}} = 1 - \frac{PRESS_h}{SS_{(h-1)k}} \dots \dots \quad (14)$$

$$\text{其中: } PRESS_{hk} = \sum_{i=1}^p (y_{ik} - \bar{y}_{hk(-i)})^2 \dots \dots \quad (15)$$

$$SS_{(h-1)k} = \sum_{i=1}^p (y_{ik} - \hat{y}_{hki})^2 \dots \dots \quad (16)$$

当  $Q_h^2 \geq 0.0975$  时,认为该成分的边际贡献是显著的,此时若增加成分  $t_h$ ,预测模型的精度会得到显著改善,具体计算过程参考文献。当然,也有学者认为在实际应用中不一定完全按照  $Q_h^2$  的值来判定偏最小二乘成分提取的数量,一般情况下只要计算结果达到满意的精度或者偏最小二乘成分的数量小于样本个数的 1/3 就可以保证模型的有效性。

假设最终从自变量  $X$  中提取了  $m$  个偏最小二乘成分  $t_1, t_2, \dots, t_m$ , 则实施  $Y$  对  $t_1, t_2, \dots, t_m$  的回归分析。由于  $t_1, t_2, \dots, t_m$  均可以由  $X$  线形表示,则可以建立  $Y$  对  $X$  的回归模型<sup>[9]</sup>。

## 2 基于 PLS 回归的火电 SO<sub>2</sub> 模型建立及预测

### 2.1 变量筛选及模型建立

将四川省 2006 ~ 2008 年, 3a 14 个地区共 42 个样本点的数据进行模型的建立,把 3a 全省的火电排放量用于模型的检验。在咨询专家的基础上,选取工业总产值(现价)(万元)、工业用水总量(万 t)、燃料煤平均硫份(加权值)(%)、机组数(台)、工业锅炉数(蒸 t)、脱硫设施平均脱硫效率(%) 6 个变量进行模型构建。数据见表 1。

根据式(1) ~ (16),运用 SIMCA—P 软件计算关于火电 SO<sub>2</sub> 排放量的预测回归方程

$$\hat{y}_i = 0.0727X_1 + 0.3983X_2 + 0.2506X_3 + 0.3277X_4 + 0.2825X_5 - 0.0977X_6 \quad (17)$$

### 2.2 模型结果的评估

从模型的结构我们可以得出影响该省火电行业二氧化硫排放量的 6 个主要因素,即工业总产值(现价)(万元)、工业用水总量(万 t)、燃料煤平均硫份(加权值)(%)、机组数(台)、工业锅炉数(蒸 t)、脱硫设施平均脱硫效率(%)。其中和脱硫设施的平均脱硫效率呈负相关,其效率越高,那么就可以在很大程度上减少该省火电行业二氧化硫排放量,另外对某些火电的小机组进行改造和合并,因为机组数也是影响四川省火电行业二氧

化硫排放量的重要因素，并且与其呈正相关，所以政府要出台相关的政策，对大的火电企业进行扶持，装备好的脱硫设施设备，对小企业进行关停、

合并。

2.2.1 模型结构分析

表1 四川省各个州市火电二氧化硫排放量（燃料燃烧过程）一览表

	工业总产值 (现价)/万元	工业用水 总量/万t	燃料煤平均 硫份(加权值)/%	机组 数/台	工业锅 炉数/台	脱硫设施平均 脱硫效率/%	二氧化硫排放量 (燃料燃烧过程)/t
1	87183	28663.28	1.21	26	27	2.41	54559.94
2	204746.1	22880.84	1.6	9	14	37.25	15832.54
3	404296.9	9592.6346	0.46	16	27	36.17	11688
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
39	191973.4	67157.78	2.1	12	10	72.24	40674.73
40	129195.9	31221.3622	1.28	31	22	24.51	75464.33
41	28890.3	1147.4952	0.5	3	3	43.26	824.86
42	1170	385.2	0.47	4	4	26.35	191.64

数据来源于《中国环境统计年报2006》、《中国环境统计年报2007》、《中国环境统计年报2008》。

表2 偏最小二乘回归的精度分析

	RdX	Rdx (cum)	RdY	RdY (cum)	Q <sup>2</sup> (cum)	Q <sup>2</sup>	Eigenvalue
t <sub>1</sub>	0.926	0.926	0.795	0.795	0.703	0.703	1.96
t <sub>2</sub>	0.165	0.491	0.067	0.862	0.703	-8.75e-005	0.99

在表2中，RdX表示成分t<sub>h</sub>对X的解释能力，RdY表示成分t<sub>h</sub>对Y的解释能力。Q<sup>2</sup>表示交叉有效性，其临界值为0.097，Q<sub>1</sub><sup>2</sup>=0.703>0.097，Q<sub>2</sub><sup>2</sup>=-8.75e-005<0.097，所以取一个有效成分。第一个成分对X的解释能力达到了0.926，对Y的解释能力为0.795，解释能力是非常强的，交叉有效性为0.703，是非常高的，可以说模型的构建是比较合理的<sup>[13]</sup>。

2.2.2 相关性分析

在典型相关分析中，最直观、简洁的方法是在抽取X的典型成分t[1]以及Y的成分u[1]之后，绘制以t[1]为横坐标，以u[1]为纵坐标

的t1/u1平面图，如图1。在图1上以(t[1], u[1])为坐标点，绘出每一个样本点的位置。如果所有的样本点在图中的排列近似一条斜率不为零的直线，则说明2组变量X与Y之间存在着较强的相关关系。如果在图中明显观察到t1与u1之间存在线性关系，则说明X与Y有显著的相关关系，这时采用偏最小二乘回归建立的Y对X的线性模型才会是比较合理的。

2.2.3 拟合精度分析

为了考察回归方程的预测精度，将原始数据代入上述拟合的模型，得到原始观测值y<sub>i</sub>的预测值ŷ<sub>i</sub>，并且绘制(ŷ<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)散点图，如图2所示。在这个预测图中，如果所有数据点都能在图的对角线附近分布，说明方程的预测值与原始值的差异很小，则拟合的效果是满意的。

从图2以看出，预测值与原始观测值的数据点分布在对角线上，模型的预测效果是理想的。

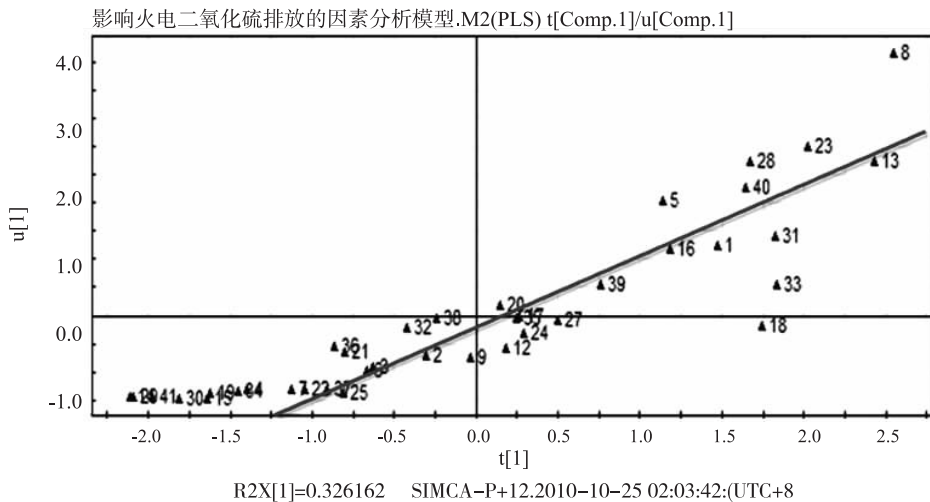


图1 t1/u1平面图

影响火电二氧化硫排放的因素分析模型M2 (PLS)

YPred[Last comp.](二氧化碳排放量(燃烧过程)(吨))/YVar(二氧化碳排放量(燃料燃烧过程)(吨))

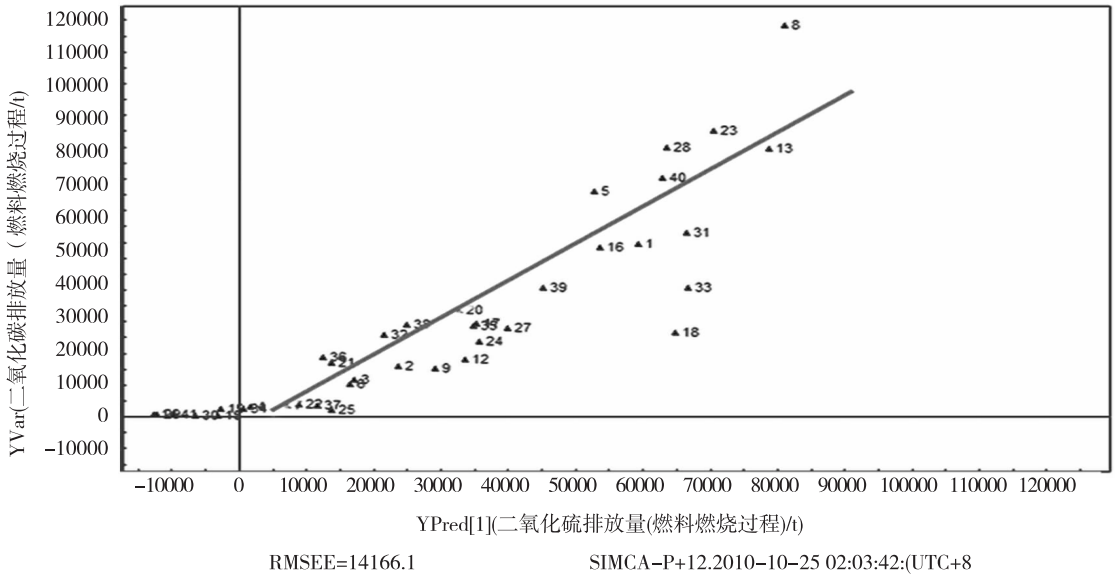


图2 火电二氧化硫排放实际值预测值图

表3 是一般多元回归分析与偏最小二乘回归分析对模型构建的及对2006年~2008年全省排放量预测的比较。

表3中  $RdX(cum)$  表示在自变量中提取的有效成分对所有自变量的解释能力，值越高说明提取成分对自变量的解释能力越高。 $RdY(cum)$  表示因变量中提取的有效成分对所有因变量的解释能力，其值越高说明对因变量的解释能力越强。 $PRESS$  用于评估模型的预测能力。一般而言， $PRESS$  值越小，模型的预测能力越强。 $PRESS$  用于计算  $R-Sq(预测)$ ，响应变量变异中由其与一个或多个预测变量的关系所解释的百分比。一般而言， $R-Sq(预测)$  越大，模型与数据拟合得越好。 $R-Sq(预测)$  始终在0与100%之间。它也被称为确定或多重确定(在多重回归中)的系数。

表3 偏最小二乘回归与多元回归分析的比较

	偏最小二乘回归	多元回归
$RdX(cum)$	92.6	0 <sup>†</sup>
$RdY(cum)$	79.5	77.6
$PRESS$	1.58686E+10	1.61119E+10
$R-Sq(预测)$	66.26	65.70

注：运用 Minitab 软件和 SIMCA—P 软件汇总得来；限于软件本身特点，结果未显示。

### 3 结语

本文基于偏最小二乘回归分析法对影响四川火电行业二氧化硫的因素建模分析，最终建立了线性

的模型结构。偏最小二乘回归可以很好地克服影响因子的多重相关性和样本点不足的问题。从模型中我们可以得出在四川省火电二氧化硫的排放因素中脱硫设施的平均脱硫效率呈负相关，其效率越高，那么就可以在很大程度上减少四川省火电行业二氧化硫排放量。机组数也是影响四川省火电行业二氧化硫排放量的重要因素，并且与其呈正相关。所以政府要出台相关的政策，对大的火电企业进行扶持，装备好的脱硫设施设备，对小企业进行关停、合并。将该模型运用于火电二氧化硫的节能减排，丰富了关于影响火电二氧化硫因素分析的理论研究方法，为政府及企业制定相关的政策、措施提供了科学、客观的依据<sup>[16-18]</sup>。

#### 参考文献：

- [1] 张永, 葛介龙, 李文勇, 等. 半干法烟气脱硫中  $SO_2$  排放控制研究 [J]. 电力科技与环保, 2010, 26 (2).
- [2] 汪鑫芳. 火电厂  $SO_2$  减排政策与脱硫电价机制研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2008.
- [3] 严刚, 杨金田. 电力行业二氧化硫总量控制的实施机制研究 [J]. 环境科学与技术, 2008, 31 (5).
- [4] 董广霞, 傅德黔. 全国火电厂二氧化硫污染现状及其控制对策 [J]. 中国环境监测, 2003, 19 (6).
- [5] 董文福, 魏山峰, 丁中元, 等. 中国火电企业二氧化硫排放研究 [J]. 环境污染与防治, 2008, 30 (4).
- [6] 程新金, 孙继明, 雷恒池, 等. 中国二氧化硫排放控制的效果评估 [J]. 大气科学, 2004, 28 (2).
- [7] 王志轩, 潘荔, 彭俊. 电力行业二氧化硫排放控制现状、费用及对策分析 [J]. 环境科学研究, 2005, 18 (4).
- [8] 赵国华. 电力行业二氧化硫减排因素的敏感性分析与对策研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.

- [9] 王惠文, 吴载斌, 孟洁. 偏最小二乘回归的线性与非线性方法 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006, (9).
- [10] 毛李帆, 江岳春, 龙瑞华, 等. 基于偏最小二乘回归分析的中长期电力负荷预测 [J]. 电网技术, 2008, 32 (19).
- [11] 王园园, 陈景武. 偏最小二乘回归分析在医学中的正确应用 [J]. 中国卫生统计, 2010, 27 (2).
- [12] 匡建超, 匡野, 王众, 等. 油气开发项目风险评价的偏最小二乘—蒙特卡洛模型研究 [J]. 工业技术经济, 2009, 28 (5).
- [13] 蒋惠凤, 何有世, 杨伟雄. 基于偏最小二乘回归中长期电力负荷预测 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2007, 19 (5).
- [14] 徐创文, 陈花玲, 刘晓斌. 偏最小二乘回归在刀具磨损试验建模中的应用 [J]. 系统仿真学报, 2007, 19 (13).
- [15] 华尔天, 毛明杰, 叶飞帆, 等. 基于偏最小二乘回归方法的产品满意度回归模型研究 [J]. 中国机械工程, 2005, 16 (3).
- [16] 吕敬友. 上海火电厂二氧化硫排放控制探讨 [J]. 上海电力, 2006, (5).
- [17] 徐振刚. 德国燃煤二氧化硫排放控制情况 [J]. 洁净煤技术, 1995, 5 (1).
- [18] 周桂萍, 叶春松. 火电厂二氧化硫排放量试验研究 [J]. 热力发电, 2003, (5).

## Analysis of SO<sub>2</sub> from Thermal Power Plant based on PLS

HUO Zhi-lei<sup>1</sup>, KUANG Jian-chao<sup>1</sup>, WANG Zhong<sup>1</sup>, YANG Hui-hui<sup>1</sup>, FENG Shi<sup>2</sup>

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059 China)

**Abstract:** This paper takes Sichuan Province as an example. By taking thermal SO<sub>2</sub> discharge as the dependent variable, the model of PLS of independent variables was established through using samples at different time in different areas. The model synthesizes multiple regression analysis, principal component analysis and canonical correlation analysis, which well solves the problems of low accuracy of the model prediction that is caused by variable multiple correlations, and of the sample points less than the independent number and so on. Meanwhile, it avoids the problem of abnormality of the model coefficients which is caused by using the ordinary PLS methods. The results shows that the model established has strong explaining ability and high prediction accuracy, which provides scientific foundation for the relative departments to lay down SO<sub>2</sub> discharge measures.

**Key words:** thermal SO<sub>2</sub>; multiple correlations; cross validation; PLS

(上接第 55 页)

## Analysis on Influential Factors of Concentration of PM<sub>10</sub>

WANG Jian, WU Guang-ying, FU Dao-lin

(Wushan Environmental Monitoring Station, Wushan Chongqing 404700 China)

**Abstract:** According to analysis of the monitoring data from September of 2009 to September 2010, the results showed that annual concentration of PM<sub>10</sub> is 95. 0 μg/M<sup>3</sup> and daily concentration is skew distribution (left skew distribution. Pollution level indicated obvious seasonal changes, the winter had the worse situation of PM<sub>10</sub>, followed by Spring, next is Autumn, and Summer was the best in a year. The concentration of PM<sub>10</sub>, which reached daily maximum value at different times in different seasons, was affected evidently by wind direction, wind speed and relative humidity.

**Key words:** concentration of PM<sub>10</sub>; status; influential factor; analysis

# 臭氧多相催化氧化提高二级出水可生化性研究

林玉姣, 张彤炬

(上海广联建设发展股份有限公司, 上海 200438)

**摘要:**以活性炭作为载体, 金属氧化物  $\text{CuO} - \text{MnO}_2$  作为催化活性组分, 对臭氧催化氧化污水厂二级出水进行了催化剂配比实验对比, 并通过调节臭氧投加时间控制臭氧的投加量。结果表明, 在催化剂活性组元  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 : \text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  体积配比 3:1, 投加量 5g/L, 臭氧投加量 6mg/L, 接触时间 5min 的条件下, 可明显提高二级出水的可生化性。

**关键词:**臭氧催化氧化; 二级出水; 催化活性组分

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0067-03

某市 90% 以上的污水通过城市河流最终汇入滇池, 由于污染物的排入, 滇池已经成为水体富营养化最严重的湖泊之一。为了控制滇池水质恶化程度, 改善水体的富营养化状况, 城市污水处理厂的氮磷污染排放控制非常重要。城市污水二级生物处理技术不能根除氮磷对滇池水体的危害, 而深度处理的脱氮脱磷技术往往需要补充碳源。目前部分污水处理厂采用补充外加碳源来去除水中氮, 成本较高。因此充分利用污水中本身含有的碳源去除总氮, 节约成本, 具有十分重要的意义。

城市二级出水的有机污染物已属难降解的有机物, 二级出水中含有氮、磷、悬浮物等污染物, 常规的物理、化学或生物处理均难有较好的去除效果。臭氧与生物处理联用可提高对难降解有机物的去除效果, 臭氧预氧化提高有机物的生化性, 通过后续生物处理工艺去除难降解有机物<sup>[1-3]</sup>。臭氧多相催化氧化法利用固体催化剂在常压下产生更多的有强氧化能力的中间产物(如羟基自由基,  $\cdot\text{OH}$ )加速液相(或气相)的氧化反应, 使有机物分子结构从复杂转化为简单, 从而达到了增加废水可生化性的目的<sup>[4]</sup>。催化剂以固态存在, 易于与水分离, 二次污染少, 简化了处理流程。

## 1 实验部分

### 1.1 实验装置与材料

实验装置由臭氧发生系统、接触反应器和臭氧尾气吸收装置组成。通过臭氧发生器制备  $\text{O}_3$ 。接触反应柱有效容积为 7L, 反应器中填充自制金属氧化物催化剂, 底部装有石英砂微孔曝气头, 过剩

的臭氧被碘化钾吸收, 通过控制氧气流量来控制产生的臭氧量, 臭氧气体流速为 1L/min, 浓度为 38 mg/L。催化剂采用活性炭负载双金属氧化物(二氧化锰+氧化铜)。

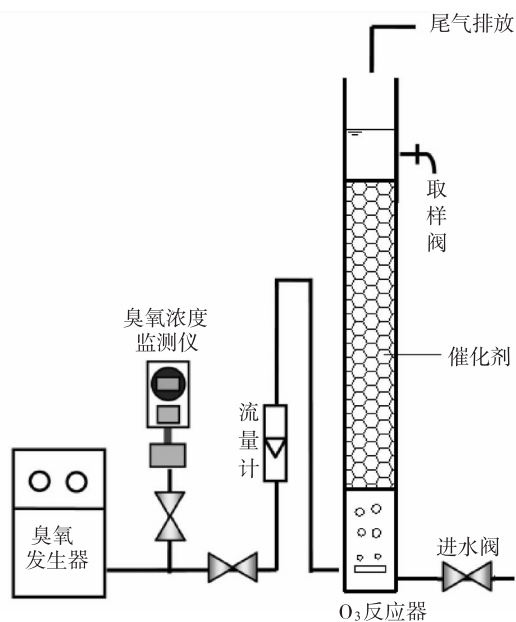


图1 臭氧试验装置

实验通过对城市第三污水处理厂沉淀池出水进行臭氧催化氧化, 考察臭氧催化氧化对二级出水有机物可生化性的提高作用。

### 1.2 分析方法

$\text{O}_2$  浓度用碘量法测定;  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  重铬酸钾法测定;  $\text{BOD}_5$  采用接种稀释法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 催化剂的配比问题

臭氧分解催化剂一般采用贵金属(如: 钯、铂)或过渡元素金属氧化物(如: Mn、Cu 的氧化

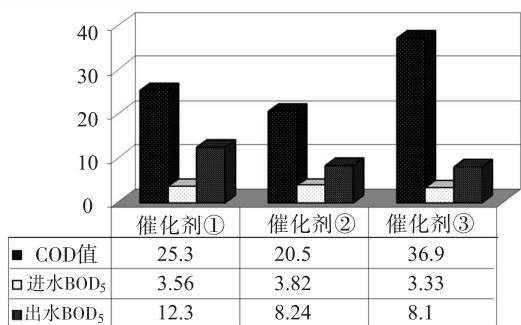
物)作为活性组分,载体则采用  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、分子筛、活性炭或以上几种的复合成分。由于贵金属的高昂价格限制了其应用,所以以低价金属氧化物为主的研究逐渐成为主流。Oyama 等在  $\text{Al}_2\text{O}_3$  载体的臭氧分解研究工作中得出了  $\text{MnO}_2$  活性最好的结论<sup>[5]</sup>,顾玉林等在前人研究的基础上研制低成本高活性的活性炭双负载重金属催化剂,实验证明  $\text{MnO}_2$ - $\text{CuO}$  催化剂催化性能最好<sup>[6]</sup>。

考察活性炭负载双重金属催化剂  $\text{MnO}_2$ - $\text{CuO}$  在各种配比下对臭氧的分解活性。实验选用前人研究中效果较好的三个不同制备条件下的  $\text{MnO}_2$ - $\text{CuO}$  催化剂分别对水中有机物可生化性的提高效果进行对比<sup>[7,8]</sup>。实验条件:催化剂投加 5g/L,臭氧投加量为 6mg/L,接触时间为 6min。由图 2 及图 3 可以看出,1 号催化剂对可生化性提高最为显著,因此实验采用 1 号催化剂。

实验证明当催化剂投加量为 5g/L,臭氧投加量 6mg/L,接触时间 5min 时,出水中可生化有机物的含量提高最大。16 个实验中,实验 2、6、11、14 出水的可生化性提高明显,实验 4、7、9 效果较差,由其中的变化规律分析,臭氧的投加量与接触时间过少过短或者过多过长,可生化性的提高均不理想,同时少量的催化剂在合适的条件下可以达到更好的生化性提高效果。

表 1 试验组织表

试验号	因素		
	催化剂投加量 /g · L <sup>-1</sup>	臭氧投加量 /mg · L <sup>-1</sup>	接触时间 /min
1	5	4	5
2	5	6	6
3	5	8	8
4	5	10	10
5	10	4	6
6	10	6	8
7	10	8	10
8	10	10	5
9	15	4	8
10	15	6	10
11	15	8	4
12	15	10	6
13	20	4	10
14	20	6	4
15	20	8	6



催化氧化前后COD、BOD<sub>5</sub>的变化/mg · L<sup>-1</sup>

图2 催化剂不同配比催化氧化效果

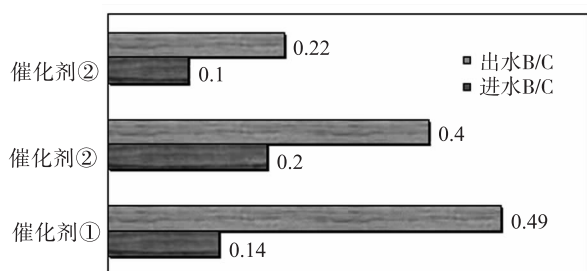


图3 催化剂不同配比催化氧化前后B/C比

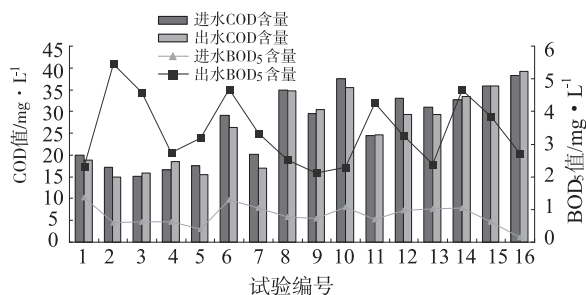


图4 正交试验结果

## 2.2 最佳实验条件的选择

在臭氧催化氧化中,催化剂、臭氧的投加量以及接触时间是重要的工艺参数,分别考察催化剂投加量、臭氧的投加量以及接触时间对二级出水可生化性的影响,为了保证影响因素评价的全面,针对本试验的三个影响因素进行交叉实验。催化剂投加量选取 5、10、15、20g/L 4 个水平,臭氧投加量选取 4 个水平分别为 4、6、8、10mg/L,接触时间选取 4 个水平分别为 5、6、8、10min。

## 2.3 催化氧化对水中有机物含量的影响

昆明污水厂出水水质特点是有机物含量较低,COD 在 30mg/L 左右, BOD<sub>5</sub> < 5mg/L,但是总氮、总磷含量较高,这些水排入滇池,加剧了滇池水的富营养化,所以总氮和总磷的去除是污水处理的关键。采用臭氧高级催化氧化的目的是把水中不能被微生物利用的有机物转化为可利用的有机物,即利用水中既有的碳源脱氮。因此要求催化氧化后水中的总有机碳含量不降低,同时尽可能地提高可生化

有机物的含量。在以往的研究中臭氧高级催化氧化能够去除水中部分的有机物<sup>[9]</sup>，经过催化氧化后COD的去除率至少达10%。而本实验反应时间较短，结果表明，COD基本不变，达到了实验需求，甚至部分水样中出现COD升高，可见臭氧催化氧化提高了臭氧的吸收和利用效能，在短时间内促使部分无法测出COD的有机物如芳香类有机物分子链断裂成为能够测出的短链有机物。

### 3 结论

合适的催化剂是臭氧催化氧化提高污水可生化性的关键，催化剂制备过程中经过对比实验发现负载金属氧化物的配比Cu氧化物：Mn氧化物为3:1的可生化性提高明显。

通过正交对比实验发现在臭氧的投加量和接触时间合适的条件下可以达到较好的可生化性提高效果，本实验中采用臭氧投加量6mg/L，接触时间5min，催化剂投加量5g/L。

实验中发现高级催化氧化在短时间里对COD的去除效果不明显，说明臭氧催化氧化对COD有一定去除能力，同时也有一定的生成效果，此种情况有利于后续生物脱氮。

### 参考文献：

- [1] LeeCW, Bae SD, Han SW, et al. Application of ultrafiltration hybridmembrane processes for reuse of secondary effluent [J]. Desalination, 2007, (202).
- [2] Arévalo J, Garralón G, Plaza F, et al. Wastewater reuse after treatment by tertiary ultrafiltration and a membrane bioreactor (MBR): a comparative study [J]. Desalination, 2009, (243).
- [3] 甘莉, 蒋以元, 张昱, 等. 直接过滤-臭氧-生物活性炭工艺用于城市污水二级处理出水深度处理的研究 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2006, 7 (10).
- [4] Wang S T, Ma J, Liu B C, et al. Degradation characteristics of secondary effluent of domestic wastewater by combined process of ozonation and biofiltration [J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, (150).
- [5] Dhandapani B, Oyama S T. Gas phase ozone decomposition catalysts [J]. Appl Catal B, 1997, (11).
- [6] 顾玉林, 刘淑文, 徐贤伦. 臭氧分解催化剂的制备及性能研究 [J]. 工业催化, 2002, 10 (6).
- [7] 朱学多. 金属催化臭氧化催化剂的制备与性能研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [8] 陈颖. 水处理用活性炭催化氧化体系的研制和应用 [D]. 湘潭: 湘潭大学, 2003.
- [9] 关春雨, 马军, 鲍晓丽, 等. 臭氧催化氧化-活性炭处理微污染水 [J]. 水处理技术, 2007, 11 (33).

## Research on Organic Biodegradability of Secondary Effluent Treated by Catalytic Ozonation

LIN Yu - jiao, ZHANG Tong - ju

(Shanghai Guanglian Construction Development Co., LTD, Shanghai 200438 China)

**Abstract:** The secondary effluent of the wastewater treatment plant was treated by ozonation to investigate organic biodegradability enhancement. The secondary effluent was treated with different volume proportion by ozone catalytic oxidation with activated carbon as carrier, CuO - MnO<sub>2</sub> as active components; ozone adding dosage was controlled by adjusting the adding time. The results indicated that the biodegradation of the organic substances in the secondary effluent could be improved by suitable ozonation under the condition that the volume proportion between Cu (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and Mn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> was 3:1, catalysts adding dosage was 5g/L, ozone adding dosage was 6mg/L, and the reaction time was 5 min.

**Key words:** ozone catalytic oxidation; secondary effluent; active components

# 大型料浆法重钙装置尾气处理系统的改进

余国斌

(云天化国际化工富瑞分公司, 云南 安宁 650309)

**摘要:**通过对大型重钙装置生产实际情况及存在问题进行分析研究, 找出解决当前料浆法重钙装置生产过程中尾气治理存在问题的方法, 建立重钙装置尾气治理新系统, 利用生产实际的各项工艺参数和尾气监测数据进行了物料平衡、风量、风压平衡, 通过更换干燥尾气风机风压、增加管式洗涤器、文丘里洗涤器和混合尾气旋流洗涤塔, 实现尾气3次洗涤, 保证了污染物达标排放, 达到了减低生产成本、保护环境、节能、减排、降耗的效果。

**关键词:**料浆法重钙装置; 尾气治理; 技术改进; 环境保护

**中图分类号:** X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0070-04

## 1 概述

云天化国际富瑞分公司 40 万 t/a 料浆法重钙装置原设计采用海角 (Hydro) 料浆法重过磷酸钙生产工艺技术, 主要生产原料为热法磷酸和磷矿粉; 项目由日本三井工程与造船株式会社 (MIT-SUI Engineering & Shipbuilding CO. LTD.) 中标建设, 主要设备来自日本、美国、英国、中国等国家, 装置于 1996 年 8 月建成投产, 一次性生产出质量优良的重过磷酸钙产品; 通过装置生产运行, 证明装置运行稳定, 操作控制系统处于当时相对先进水平。

装置投入生产运行后, 随着国内工业的迅速发展, 能源及生产原材料价格迅速大幅上涨, 同时重钙生产的优质磷矿资源迅速萎缩, 资源供给紧张, 生产成本大幅上涨。为降低装置生产成本, 实现装置持续、长远的发展, 通过大量技术论证于 1998 年 6 月采用湿法磷酸替代热法磷酸进行重钙生产获得成功。用湿法磷酸替代热法磷酸进行重钙生产, 大幅降低了装置生产成本, 较好地促进了装置的持续发展。

但随着装置采用湿法磷酸替代热法磷酸进行重钙生产技术在生产实践中的应用, 装置也暴露出一系列问题, 主要表现为造粒系统生产工况变差, 系统粘结堵塞严重, 生产周期大幅缩短; 造粒、反应系统风管设计不能满足生产实际需求, 反应造粒尾气无组织排放严重, 现场工作环境较恶劣, 设备维修率较高; 特别是尾气洗涤工艺不能满足系统洗涤需求, 造成洗涤效率低下, 排放尾气中尘、氟含量

大幅超标。为了稳定装置生产, 提高装置生产运行周期; 避免无组织排放、降低排放尾气中有害物质含量和生产消耗, 改善装置生产工作环境; 决定对重钙尾气洗涤系统进行技术改造, 使装置生产工艺满足实际生产需求。该项目被列为昆明市 2007 年度的工业重大科技项目。

## 2 技改前尾气治理主要工艺路线

来自 1-4 号反应槽和造料机的含尘、含氟气体进入反应器/造料机尾气洗涤塔经洗涤后用反应器/造料机风机抽送至排气筒排入大气。来自用热风炉热风进入干燥机干燥物料产生的含尘、含氟气体进入旋风分离器后进入干燥机尾气洗涤塔, 经洗涤后用干燥机风机抽送到排气筒排入大气。来自流化床冷却器出来的含尘气体和各扬尘点的含尘气体分别由风机抽吸经冷却器旋风分离器和除尘旋风分离器除尘后由冷却风机和除尘风机进入冷却机/除尘尾气洗涤塔经洗涤后至排气筒排入大气。送入 3 台洗涤塔分别用各自的洗涤塔泵将洗涤塔循环槽内的洗涤液送至各个洗涤塔洗涤气体, 然后又流回到洗涤塔循环槽进入循环。多余的洗涤液由反应器/造料机洗涤塔泵送到反应部分中和槽, 地面冲洗水及中和槽溢流或放净水由地沟排至地坑用地坑泵送到洗涤塔循环槽作洗涤液使用, 无废水外排。

## 3 装置存在的主要问题

### (1) 热风炉出现正压

正常运转热风炉内压力约  $-80 \sim -50$  Pa。现出现正压现象, 影响炉体正常运转和工人职业健康。生产中为达到一定负压, 采取分一部分干燥尾气经除尘旋风机抽走, 撤除干燥洗涤塔填料球及风机风



门等措施以降低系统阻力,基本维持系统微负压,且生产达到了100%~105%的负荷。

(2) 洗涤级数不足,装置尾气烟尘含量严重超标

干燥旋风除尘器出口尾气分别洗涤塔洗涤后与造粒洗涤塔及冷却除尘洗涤塔尾气混合后经烟囱排放,只有一级洗涤流程,烟囱顶部取样含尘浓度超过 $2000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,远远 $>150\text{mg}/\text{Nm}^3$ (国家排放标准)。

(3) 尾气中氟含量超标

经测定烟囱顶部尾气含氟 $35\text{mg}/\text{Nm}^3 > 11\text{mg}/\text{Nm}^3$ (国家排放标准)。主要是磷矿粉及湿法磷酸中所含的氟在反应及造粒、干燥等过程中一部分以 $\text{SiF}_4$ 形式逸出,从而使尾气中含氟量较高。原来以热法磷酸为酸原料时其含氟量可不计入,现由于原料采用湿法磷酸,其含氟量在2%左右,从而造成排放废气含氟高于原允许排放值的现象。并且这部分气体由于排气管道易堵塞,长期处于无组织排放状态。

(4) 干燥洗涤塔堵塞严重

由于烟尘含量较高,导致原干燥洗涤塔超负荷运行,填料层堵塞严重,洗涤效率较差,系统阻力降增大。撤除干燥洗涤塔填料球后,干燥洗涤塔洗涤效率大大降低,尾气排放不能达标。

(5) 干燥风机风量及风压不能满足新系统要求

由于热风炉布置受场地限制而与干燥机入口处距离加长,系统阻力降增大。现拟要增加产量,则气量必然要加大,阻力降将急剧增加,故原风机已不能满足系统风量、风压的要求。

#### 4 原因分析

(1) 热风炉出现正压,说明系统抽风能力不足,不能满足沸腾热风炉抽风量及风压的要求。为了克服热风炉至干燥机之间增长管道的阻力,干燥机出料端负压必然增加,此时干燥尾气含尘量也就大于原有含尘量。

(2) 要适当提高产量,干燥机风机风量增加,同径管道、设备内风速将增大,带尘量自然也就增加。风量、系统阻力降增加,原风机已难以满足新的工艺生产要求。

(3) 产量增加、尘量增大,尾气中的含氟量也大,仅靠单级洗涤要达到相应的排放要求是不现实的。

#### 5 技改要达到的目的

(1) 通过对装置生产工艺进行合理改造,促

进装置生产工艺技术进步。

(2) 对造粒系统风管重新配置,合理分配收尘风量。

(3) 对反应系管线进行改造,尽量避免风管堵塞现象,杜绝反应气体无组织排放现象。

(4) 对干燥风机进行技术改造,提高风机能力,确保干燥系统有足够的负压。

(5) 增加干燥气体和收尘气体洗涤器,同时增设洗涤循环槽,改善洗涤工况,提高洗涤系统洗涤效率,降低排放尾气中的有害物质含量。

(6) 稳定装置生产、延长装置生产运行周期。

#### 6 系统综合治理改进方案的确定

(1) 在1#反应器尾气管抽气口处,配置洗涤液预洗器及时冲洗尾气夹带矿粉,从而减轻管道堵塞。在反应器尾气出口和造粒机出口各配置1只文丘里,在反应器/造粒机洗涤塔之前的尾气管上加洗涤喷头,以吸收氟及除去大量烟尘。

(2) 旋风除尘器至干燥洗涤塔段立管改为管道洗涤器(干燥尾气管道洗涤器),将大量烟尘预洗涤除去,使含尘量减少70%以上。同时降低烟气温(从 $100^\circ\text{C}$ 降低至 $75^\circ\text{C}$ )和气体体积以降低干燥洗涤塔的负荷,减少洗涤塔填料堵塞机会,延长洗涤塔正常运行时间,保证洗涤效率。

(3) 除尘/冷却尾气在372、374风机至除尘/冷却洗涤塔段间增设顺流管道洗涤器1台,将大量粉尘预洗涤除去,使含尘量减少60%以上。减少洗涤塔填料堵塞机会,延长洗涤塔正常运行时间,保证洗涤效率。

冷却/除尘尾气管道洗涤器上部作为洗涤吸收段,采用每层喷淋密度为 $15\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 的循环水量。为确保冷却吸收效果,按四层喷淋考虑,四层皆为顺流喷淋,每层喷淋量及喷淋方向可根据生产实际调整。管道洗涤器高约12m。

(4) 在干燥机风机至排气筒之间,增加一个三级洗涤塔用于洗涤反应/造粒洗涤塔、干燥洗涤塔来的尾气,喷淋量可根据生产实际调整。

三级洗涤塔下部设置为循环池。塔总高约31m、直径为5.5m。循环液从塔下部排出,补充水由塔顶部加入喷淋,液位控制采用自动控制,超过规定液位则溢流至洗涤塔循环槽(340C),保证生产系统平衡稳定进行。三级洗涤塔进气量 $257000\text{m}^3/\text{h}$ ,进口气体温度 $65^\circ\text{C}$ ,出口气体温度 $60^\circ\text{C}$ ,采用旋流塔,以节约能耗、降低运行费用。

(5) 更换干燥机风机(370),增加风压,适

当增加 10% 的风量。使沸腾热风炉达到正常时 -80 ~ -50Pa 的操作压力。用现有干燥机风机 (370) 替换反应/造粒机风机 (375), 增加风压, 使反应/造粒尾气与干燥尾气、冷却/除尘洗涤塔至烟囱均达到风压平衡, 保证系统正常平稳运转。

原风机 (370) No: 72 × 11 - 1/2RB1222, 风量为 158940m<sup>3</sup>/h, 风压 (全压) 为 399mmH<sub>2</sub>O, 进口风压 3200Pa, 出口风压 800Pa, 碳钢衬胶壳体, 316L 叶轮等。配用电动机功率 255kW。

新更换干燥尾气风机系统风量为 175000m<sup>3</sup>/h, 进口风压约 -5000 ~ -5500Pa、出口风压约 2500 ~ 3000Pa, 系统阻力降为 7500 ~ 8000Pa, 选择风机全压 8000Pa 可以满足技改要求。将换下的原干燥尾气风机用来更换反应/造粒尾气风机, 原反应/造粒风机拆除, 风压和风量均可满足技改要求。

原冷却尾气风机系统风量为 154560m<sup>3</sup>/h, 进口风压 (全压) 约 -1500Pa、出口风压约 2000 ~ 2500Pa, 系统阻力降为 3500 ~ 4000Pa, 选择风机全压 4000Pa 基本满足技改要求。原除尘尾气风机系统风量为 76440m<sup>3</sup>/h, 进口风压 (全压) 约 -3500Pa、出口风压约 2000 ~ 2500Pa, 系统阻力降为 5500 ~ 6000Pa, 选择风机全压 6000Pa 基本满足技改要求, 均可暂时继续使用, 以减少投资。技改分步实施, 风机风压及风量可通过风阀调节, 满足生产调节要求。

(6) 增加反应尾气洗涤液循环泵大、小各 1 台, 干燥尾气、冷却/除尘尾气洗涤泵 4 台 (仓库再各备用 2 台), 三级洗涤塔泵 2 台 (仓库再各备用 1 台)。

### 7 技改后的工艺线路

来自反应系统的 (1#、2#、3#、4#反应器) 反应尾气汇合后经过新增的文丘里 (380) 洗涤后与经新增文丘里 (381) 洗涤后的造粒尾气混合后从反应器/造粒机洗涤塔下部进入洗涤塔, 在洗涤塔内洗涤除去大量氟、尘。出洗涤塔的反应/造粒尾气与干燥尾气混合后进入新增的三级洗涤塔 (313) 进行再洗涤。

来自旋风除尘器的干燥尾气先经新增干燥尾气管道洗涤器 (318) 进行预洗涤, 经管道洗涤器洗涤后的干燥尾气进入洗涤塔进一步洗涤, 然后与来自反应/造粒洗涤塔的尾气混合进入新增的三级洗涤塔 (313) 进行再洗涤, 从三级洗涤塔上部出来的尾气直接排入烟囱。

来自冷却、除尘风机的冷却/除尘尾气, 先进

入新增冷却/除尘尾气管道洗涤器 (319) 进行预洗涤, 经过管道洗涤器后进入冷却尾气洗涤塔进行洗涤以除去所含的大量氟、尘后经烟囱排放。

补充工艺水 (20m<sup>3</sup>/h) 由三级洗涤塔上部进行补水。在三级洗涤塔内经过洗涤的一次洗涤液溢流至新增循环槽 (340C/B/A)。循环槽 (340C/B/A) 内的洗涤液分别供冷却/除尘尾气洗涤塔、干燥尾气洗涤塔、反应/造粒尾气洗涤塔及冷却/除尘尾气管道洗涤器 (319) 内的洗涤液循环洗涤吸收。循环槽 (340) 内的二次洗涤液排到地坑, 由地坑泵打到 1#反应槽投入生产。特殊情况时再由地坑泵送至 MAP 装置使用。

### 8 改进后效果评价

本项目分 3 个阶段实施, 边实施, 边见效, 运行以来, 效果良好。前两个阶段改造完成后, 经昆明市环境监测中心于 2008 年 6 月检测, 重钙装置烟囱排放的尾气中其粉尘排放浓度为 107mg/Nm<sup>3</sup>, 氟排放浓度为 4.49mg/Nm<sup>3</sup>。2008 年 8 月, 又进行了最后一步三级洗涤塔的改造, 经监测, 其粉尘排放浓度为 54.6mg/Nm<sup>3</sup>, 氟排放浓度为 0.66mg/Nm<sup>3</sup>, 远低于国家排放标准 (粉尘 150mg/Nm<sup>3</sup>, 氟 11mg/Nm<sup>3</sup>)。实现了较好的环境效益。在 1a 多的生产运行期间, 项目的尾气洗涤均能稳定达到设计要求和国家排放标准。2009 年 3 月公司对该技改项目进行了 72h 性能考核, 考核指标见表 1。

表 1 重钙洗涤系统改进后 72h 性能考核指标环保监测值

考核时间	干燥洗涤尾气监测值		
	颗粒物/ mg · Nm <sup>-3</sup>	F/ mg · Nm <sup>-3</sup>	排气量/ Nm <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup>
5 月 20 日	48.27	2.70	428894
	80.49	2.84	411733
	33.45	2.02	452835
5 月 21 日	84.70	4.97	280898
	89.37	3.34	319797
	41.62	2.16	322226
5 月 22 日	78.90	2.41	359677
	82.55	2.32	344766
	74.03	3.00	301575
考核值	≤150	≤11	≤500000
最大值	89.37	4.97	452835
最小值	33.45	2.02	280898
平均值	66.95	2.86	358044

经 72h 性能考核表明, 烟囱排放尾气中平均尘含量为 66.95 mg/Nm<sup>3</sup>, 平均氟含量为 2.86mg/Nm<sup>3</sup>, 远远小于国家排放标准 (150 mg/Nm<sup>3</sup>、

11mg/Nm<sup>3</sup>)。取得了显著的改造效果。

分别对重钙主控室和造粒机前进行了工业卫生监测, 粉尘含量和 F 含量均达标。72h 考核期间考核平均值为: 主控室粉尘 1.75mg/Nm<sup>3</sup>、F: 0.02 mg/Nm<sup>3</sup>; 造粒机前粉尘 6.64 mg/Nm<sup>3</sup>、F: 0.22 mg/Nm<sup>3</sup>, 远小于国家环境空气质量标准。

## 10 关键技术及创新点

(1) 项目运用多级洗涤的思路, 因地制宜, 在原单级洗涤工艺流程的基础上, 反应/造粒部分增加 2 只文丘里和 1 只洗涤液循环槽, 配置 2 台洗涤泵, 将进入反应/造粒洗涤塔的尾气先作一次处理, 减轻反应/造粒反应/造粒塔的负荷。同理, 在干燥机尾气洗涤塔和冷却尾气洗涤塔前分别增设 1 台管式洗涤器, 对进入塔内的尾气作处理, 减轻两个塔的负荷。最后在尾气排放前, 再增设一座旋流洗涤塔进行洗涤, 在尾气进入烟囱前即进行了三级洗涤, 确保尾气洗涤干净后排放。

(2) 不等洗涤液里的氟和固体废料富积和沉降, 在利用侧式搅拌器搅拌洗涤液的同时, 即用泵将其送入反应槽中, 作为产品的添加物。充分利用废物, 既无废液、废渣排放, 又降低了生产和污染治理成本。

(3) 逆向补充新鲜水。为减少新鲜工艺水的补充, 采用补充的新鲜工艺水先洗涤末级, 用过的水再高位溢流补充到下一级, 直到最后一级的方式, 大大减少新鲜水的补充, 使生产和洗涤产生的废水处于可控制利用状态, 做到了污水和废弃固体物的零排放。

(4) 把原环形水平洗涤管改为向上斜枝形, 确保洗涤管和喷头不会被堵塞。

## 11 效益分析

(1) 4 台反应器产生的反应气体技改前为无组织排放, 技改后全部回收并进行了洗涤处理后达标排放。该部分气体量为 64300Nm<sup>3</sup>/h, 主要含有尘、氟化物等有害物质 (氟化物含量为: 22.56mg/Nm<sup>3</sup>; 颗粒物含量为: 1432mg/Nm<sup>3</sup>); 以 300d/a 生产时间计算, 可多回收氟 9.14t、尘 619.2t, 则新增产量 628.34t/a, 若 1t 产品以 1639 元计, 新增产值 (即利润) 约 102.98 万元。

(2) 项目技改完成前, 重钙装置尾气烟囱尾气排放尘含量约 2000 mg/ Nm<sup>3</sup>, 氟化物含量约 35

mg/ Nm<sup>3</sup>。技术改造后尘含量 66.95mg/ Nm<sup>3</sup>, 氟化物含量: 2.86mg/ Nm<sup>3</sup>, 风量 358043m<sup>3</sup>/h, 收粉尘量 4982.63t/a, 收氟化物量 82.843t/a, 增产量 5065.473t/a, 年增产值 (即利润) 约 830.23 万元。

(3) 项目投入生产运行后, 装置运行率提高了 4.04% (以 300d/a、小时产量以 43.77t、1t 重钙以 2009 年 1 至 9 月国内平均售价 1639 元计), 则装置新增产能 12731.82t, 年增产值约: 2086.75 万元, 年新增利润 208.67 万元。

(4) 根据对项目投入生产运行前、后状况对比分析, 年减少装置洗涤系统清理 47 次, 而每次清理需 18 个工日, 每个工作日需支付 36 元, 项目投入生产运行后节支 30456 元。减少全装置清理 6 次, 每次需 32 个工日, 节支 6720 元。两项合计为 37176 元。

新增产量 (1) + (2) + (3) = 628.34 + 5065.473 + 12731.82 = 18425.633t

新增产值 (1) + (2) + (3) = 102.98 + 830.23 + 2086.75 = 3019.96 万元

削减排污费: 63.73 万元

新增利润: 102.98 + 830.23 + 208.67 + 3.72 + 63.73 = 12099.33 万元。

## 12 结语

综上所述, 由于在未技改之前的工艺流程上增加了 2 台文丘里、2 台管式洗涤器和 1 台旋流塔, 加大了洗涤循环槽的容量, 并且分别与 3 座洗涤塔一一对应, 通过重配喷头和管道, 恢复了原来的 3 座洗涤塔的洗涤功能, 洗涤效果良好。经昆明市环境监测中心监测结果表明, 在消除了反应系统的无组织排放后, 从烟囱中排放的尾气中含氟量和含尘量均已大大小于技改前, 达到了国家排放要求。通过洗涤系统收下的各种粉尘以洗涤液的方式用泵送入反应槽中回收利用, 杜绝了废水和固体废物的排放, 而且还变废为宝, 增加了产量, 降低了成本。创造了较好的社会效益和经济效益。项目技改达到了预期目的, 取得了显著效果, 运行结果证明是成功的。本项目的尾气洗涤技改是我国同行业中唯一的具有自己首创技术的成功的技改, 代表着国内先进水平, 具有良好的示范性。

(下转第 96 页)

# 昆明市西郊垃圾卫生填埋场渗滤液处理工艺研究

王兴龙

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

**摘要:** 以昆明市西郊垃圾卫生填埋场为研究对象, 分析了昆明西郊垃圾渗滤液的水质特征和变化趋势, 通过比选和试验, 认为混凝沉淀技术、生化处理技术、CWO 处理技术、膜分离技术均适用于垃圾渗滤液的处理。

**关键词:** 垃圾渗滤液; 处理; 工艺; 研究

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0074-03

## 1 概述

随着现代化社会的迅速发展, 城市垃圾已成为困扰城市的严重问题。据统计, 目前我国有 800 座生活垃圾卫生填埋场, 每天产生大于 15 万 t 的垃圾渗滤液; 有 10 多座大型垃圾焚烧场, 产生 2000 ~ 3200t 垃圾渗滤液。我国城市垃圾年产量已超过 1.4 亿 t, 且每年以 8% ~ 10% 的速度递增, 人均日产垃圾量已超过 1kg, 接近工业发达国家的水平。

位于昆明市五华区沙朗乡红水塘的西郊垃圾卫生填埋场距昆明市 19km, 占地 66.64hm<sup>2</sup>, 设计总库容 914 万 m<sup>3</sup>, 设计使用年限 21a, 第一期工程占地 4hm<sup>2</sup>, 总库容 224.3 万 m<sup>3</sup>, 日处理规模 800t/d。该垃圾填埋场于 2001 年 5 月投入使用至今已 10a, 建设中未设渗滤液处理站, 启用后, 垃圾渗滤液一直采取单一的积液池收集、旱季回喷的处理方式。由于降水的季节性分布较强, 雨季降水量大的时候,

原设计渗滤液收集池、备用收集池中存满了垃圾渗滤液, 在垃圾渗滤液存放不下的情况下, 临时把渗滤液输送至填埋场中库区储存, 以保证雨季垃圾场的正常运行。但是, 由于城市垃圾的产量与日俱增, 目前西郊垃圾场日处理规模已达 1300t/d, 北库区的填埋场地已趋近饱和, 城市垃圾将转向填埋场的中库区进行卫生填埋, 垃圾渗滤液的妥善处理就成为启用垃圾填埋场中库区的必要条件之一。因此, 急需对昆明市西郊垃圾场渗滤液进行经济有效地处理。

## 2 昆明市西郊垃圾渗滤液水质特征和变化趋势

### 2.1 昆明市西郊垃圾渗滤液水质特征

为详细了解西郊垃圾卫生填埋场近期垃圾渗滤液水质情况, 对西郊垃圾填埋场垃圾渗滤液进行了取样监测, 分析项目为: BOD、COD、pH、TP、TN、磷酸盐、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Cd、Pd。其结果见表 1。

表 1 西郊垃圾填埋场水质监测数据 (mg/L)

pH/无量纲	色度/倍	氨氮	总磷	总氮	氟化物	磷酸盐	悬浮物	BOD
8.28	640	1684	7.85	2170	0.74	5.83	392	4580
COD	砷	铅	镉	汞	氰化物	硫化物	粪大肠菌群/个·L <sup>-1</sup>	
10400	0.054	0.2	0.05	0.0002	0.004	3.73	≥24000	

通过对国内外城市垃圾卫生填埋工艺垃圾渗滤液出水水质的比较以及近年来对昆明市西郊垃圾填埋场渗滤液水质的跟踪监测, 昆明市西郊垃圾填埋场渗滤液水质情况详见表 2。

表 2 昆明市西郊垃圾填埋场渗滤液主要污染物水质情况 (mg/L)

pH/无量纲	COD	NH <sub>3</sub> -N	SS	TP	TN	BOD <sub>5</sub>
6~9	8000~ 20000	1500~ 3000	300~ 500	8~25	1500~ 3500	3000~ 8000

### 2.2 垃圾渗滤液变化趋势

(1) 随着填埋时间的增加, 垃圾层日趋稳定, 垃圾渗滤液中的有机物浓度逐渐降低, 可生化性差的相对分子质量大的有机化合物占优势, BOD/COD 值降低, 可生化性降低;

(2) 填埋场的重金属浓度较低, 一般低于 1mg/L, 对垃圾渗滤液的后续处理影响不大;

(3) 微生物营养元素比例失调, 氨氮浓度高, 磷元素相对不足。

### 3 垃圾渗滤液处理技术比较与选择

#### 3.1 技术选择原则

(1) 渗滤液经处理后完全能够稳定达到既定的水质标准, 处理效率高;

(2) 技术成本低, 包括基建、设备动力、操作和维修等费用较低;

(3) 所采用的工艺技术符合昆明当地的气候条件, 适合西郊垃圾填埋场的水质特点, 能够彻底解决渗滤液的污染问题;

(4) 所采用的工艺设备易于操作与管理, 自动化程度高, 维修简单;

(5) 技术先进, 运行稳定可靠;

(6) 占地小, 工艺系统使用寿命长, 不同的操作单元较少;

(7) 系统在使用过程中没有二次污染问题。

#### 3.2 处理技术比较

国内外用于渗滤液处理的主流工艺是厌氧生物法、好氧生物法、物理方法中的膜法(超滤-纳滤、反渗透), 化学方法中的催化氧化, 常用辅助工艺有絮凝、吸附、化学氧化、吹脱、过滤、气浮等。

通过广泛搜集国内外垃圾渗滤液处理技术的试验研究资料, 并对工程应用资料进行分析, 结果表明, 垃圾渗滤液的处理方法多样, 效果参差不齐; 但在实际的应用中, 单单靠某一种方法来处理是难以达到处理要求的, 不同处理技术的局限性, 决定了垃圾渗滤液的处理需要采用多种方法的组合, 走技术集成路线。选择渗滤液处理工艺时, 应根据渗滤液的特性以及各地的实际情况, 因地制宜地选用处理方法, 并通过试验取得优化的工艺参数, 用于指导实践。

表3 部分垃圾渗滤液处理工艺比较表

项目	主要应用范围	优缺点	针对昆明垃圾渗滤液适用性							
			高浓度	高氨氮	季节变化大	含盐量高	可生化性低	综合评价		
主流工艺	生物法	厌氧	高浓度污水	运行成本低、出水水质很难达标	可用	两种方法配合使用	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜
	好氧	中、低浓度污水	有机物去除率高, 能耗高	不可用	不适宜		不适宜	不适宜	不适宜	
膜法	超滤-纳滤	各种污水处理、工业领域	出水率90%, 出水水质很难达标	可用	一般	适宜	适宜	无影响	不适宜	
	反渗透	污水处理、工业应用、军事应用	出水稳定可达标, 出水率75%	可用	较好	适宜	适宜	无影响	适宜	
化学氧化	CWO	高浓度有机废水	出水稳定可达标	可用	好	无影响	Cl <sup>-</sup> 影响大	无影响	适宜	
辅助工艺	絮凝	主要用于前处理	辅助工艺	辅助应用	没有效果					
	吸附	前处理或后处理	辅助工艺	辅助应用	没有效果					
	吹脱	用于去除氨氮	处理对象单一		较好					
	过滤	前处理或后处理	辅助工艺	辅助应用	没有效果					

### 4 研究结果分析

通过具体试验和查阅大量国内外试验资料, 采用混凝沉淀、生化处理、CWO技术和膜分离法这4种常用的高浓度有机废水处理技术对西郊垃圾场渗滤液进行了试验研究。

#### 4.1 混凝沉淀技术

试验结果表明在投药量较大的情况下能相对有效地去除渗滤液中的有机污染物。该方法对垃圾渗滤液中的有机污染物最高去除率<60%, 相比其它处理方法效果较差, 在西郊垃圾场渗滤液处理中, 该工艺可作为辅助工艺与其它工艺相互集成, 用于垃圾渗滤液的前处理或深度处理。

#### 4.2 生化处理技术

西郊垃圾场渗滤液具有一定的可生化降解性。由UASB和接触氧化试验设备组成的连续运行厌氧——好氧生化系统的试验运行结果表明, 在良好的控制条件下, 当厌氧段有机物去除率稳定在80%左右时, 好氧段能够继续削减剩余有机污染物的70%, 整个生化试验系统可以实现大幅削减渗滤液中有机污染物的目标, 以厌氧——好氧为主体的工艺适合于西郊垃圾场渗滤液的处理。

#### 4.3 CWO处理技术

利用200L/d CWO小型装置对昆明市西郊垃圾场渗滤液进行的试验结果表明, 在270℃、9MPa

的条件下,对渗滤液一次处理后(催化反应时间40~60min),可获得99%以上的 $COD_{Cr}$ 、 $NH_3-N$ 去除率,处理水中的 $COD_{Cr}$ 浓度可低于150mg/L、 $NH_3-N$ 浓度可低于0.5mg/L,两项综合达到国家《生活垃圾填埋场污染物控制标准(16889—1997)》中二级排放标准值,而且脱色除臭效果良好。CWO处理技术适合作为昆明西郊垃圾场渗滤液的处理工艺。

#### 4.4 膜分离技术

国内对膜分离技术在垃圾渗滤液处理中试验研究和应用情况说明,DT-RO反渗透处理技术能够适应我国垃圾渗滤液水质的变化,对不同浓度的进水均能达到较高的污染物去除率,出水水质稳定,可以达到国家《生活垃圾填埋场污染物控制标准(16889—1997)》中一级排放标准的限定值要求。膜分离技术适合作为西郊垃圾场渗滤液的处理工艺。

#### 4.5 研究结果

研究表明,混凝沉淀、生化处理、CWO技术和膜分离技术这4种常用于高浓度有机废水处理工艺均适合作为昆明市西郊垃圾场渗滤液处理项目的预处理、深度处理和主体处理工艺。应结合西郊垃圾场渗滤液处置的最终目标和目前的实际情况,在实施方案部分对4种工艺进行详细的方案比选,最终选择确实适合西郊垃圾场和昆明市当地情况的垃圾渗滤液处理工艺方案。

### 5 结论

(1)昆明市西郊垃圾填埋场水质调查情况表明,西郊垃圾填埋场水质随填埋“年龄”的增加

逐渐老化,废水可生化性逐渐降低, $COD$ 浓度逐年降低,但总氮和氨氮浓度逐年上升,因此,在工艺设计中要针对废水特点进行设计,尤其要考虑废水可生化性。

(2)单纯利用回灌法将渗滤液自然蒸发不能满足昆明西郊垃圾填埋场渗滤液处理的实际需要。

(3)研究表明,混凝沉淀、生化处理、CWO技术和膜分离技术这4种常用于高浓度有机废水处理工艺均适合作为昆明市西郊垃圾场渗滤液处理项目的预处理、深度处理和主体处理工艺。

(4)混凝-吸附法处理可削减渗滤液中的主要污染物,对各种金属离子的去除可达到50%~60%,同时对色度、SS亦有明显的去除效果,可做为预处理,减少垃圾渗滤液中的金属离子对后续处理工艺的毒害作用。

(5)渗滤液有不同的处理方案,但应因地制宜,通过技术经济比较后合理选择。

#### 参考文献:

- [1] 付智娟,刘亚敏,孙桂琴.垃圾渗滤液的处理技术及其研究方向[J].江西化工,2005,(4).
- [2] 赵新泽,孙学成,陈燕.垃圾填埋场渗滤液的处理研究发展[J].三峡大学学报(自然科学版),2002,(1).
- [3] 杨开明,张建强,杨小林,等.城市垃圾填埋场渗滤液处理工程设计[J].环境科学与技术,2006,(7).
- [4] 吴旭辉,马汐平,李铁民.垃圾填埋场渗滤液污染治理技术[J].辽宁大学学报(自然科学版),2004,(3).
- [5] 雷阳明,申哲民,祝松鹤,等.三种电解方式深度处理垃圾渗滤液比较研究[A].第二届全国环境化学学术报告会论文集[C].2004.

## Research on Leachate Treatment from Xijiao Domestic Waste Sanitary Landfill Site in Kunming

WANG Xing-long

(Kunming Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** The characteristics and change trends of the leachate from Xijiao domestic waste sanitary landfill site in Kunming were analyzed. The applicable processes to treating the leachate were studied by comparing experiment. These methods included coagulation and sedimentation, biochemical treatment process, CWO treatment process and membrane separation technology.

**Key words:** leachate from waste sanitary landfill; treat; process; research

# 紫外辐射增加对 10 个割手密无性系株高的影响

段 彪

(昆明市五华区环境监测站, 云南 昆明 650031)

**摘 要:** 采用大田试验方法, 研究了模拟紫外辐射 (UV-B, 280~320nm) 增加对 10 个割手密无性系株高的影响, 结果表明: ①UV-B 处理下, 割手密无性系的生长速率和自然光下的存在差异; ②UV-B 处理下, 不同割手密无性系的株高存在无性系差异; ③割手密无性系对于 UV-B 辐射的响应与其原产地海拔有关: 原产地海拔越高, 紫外辐射的影响越小。

**关键词:** 紫外辐射; 割手密; 株高; 影响

**中图分类号:** X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0077-03

## 1 前言

紫外辐射增强发轫于现代工业勃兴及相伴的环境污染对大气同温层臭氧层的破坏, 臭氧层厚度递减乃至臭氧空洞的形成, 使得到达地球表面的紫外辐射量迅速增加。臭氧层减薄是全球三大大气环境问题之一, 据估计, 平流层臭氧每减少 1%, 到达地表的 UV-B 辐射增加约 2%。地球上空臭氧层衰减、紫外辐射增强给陆地生态系统乃至人类带来极大影响, 其中以对植物生存胁迫的影响尤为严重。近 20a 来, 全球科学家从生态、生理学的不同角度广泛开展了紫外辐射增强对植物生存胁迫影响的研究, 其研究内容大多集中在紫外辐射对植物形态结构、生长发育、生理机能和 DNA 损伤的影响方面<sup>[1]</sup>。众多实验结果显示, 植物在紫外辐射增强胁迫下, 生长、产量、品质、植物环境、光合作用、水分代谢、细胞生物膜结构完整性等生态特征与生理机能均发生明显改变<sup>[1]</sup>。

近年来的研究发现, UV-B 辐射能使植物矮化, 使得植物的叶面积减小, UV-B 辐射还能显著推迟作物的生长发育进程, 且 UV-B 辐射强度越大, 生长期滞后效应越明显<sup>[2]</sup>。UV-B 辐射使得植物的总干重减少, 同时使干物质在植物各器官中的分配发生改变, UV-B 辐射显著抑制大豆和小麦叶片净光合速率和蒸腾速率<sup>[3]</sup>, UV-B 辐射使得植物体内抗氧化系统发生变化<sup>[4]</sup>。UV-B 辐射诱导类黄酮含量增加<sup>[5]</sup>等。

甘蔗是人类食用糖的主要生产原料, 糖是人类生产生活的重要物质, 如果糖的产量减少, 则在一定程度上将影响人类的生活和经济发展。割手密

(*Saccharum spontaneum* L.) 又名甜根子草, 也称小荳野生无性系, 属于多年生的无性系野生种质资源, 目前世界上栽培的甘蔗杂交品种中都含有它的血缘。该无性系适应性强, 分布甚广, 无性系类繁多, 在我国北纬 18°15'~33°20', 东经 97°~122°, 海拔 1~2460m 的地区都有分布。割手密的特点是纤维多, 蔗汁少, 空心, 糖分低, 早熟、早花、易花。它的生势好, 宿根性好, 早生快发, 根群发达, 有地下茎, 耐旱、耐瘠, 抗逆性强。蔗茎组织木质化, 皮甚硬, 抗病虫害的能力强。它是甘蔗育无性系中最有利用价值的甘蔗属内的一个野生无性系, 它对甘蔗的改良和培育无性系有着重要作用, 甘蔗野生无性系质资源是甘蔗育种的物质基础<sup>[6]</sup>。紫外辐射的增强使很多农作物的产量和生物量下降已经有许多报道。因此紫外辐射增强也同样将对甘蔗品种产量和品质构成威胁。因此研究不同割手密无性系原产地及其背景特征对于 UV-B 辐射下株高的响应, 对于培育抗紫外辐射新品种具有很高的价值和重要的研究意义。

## 2 材料和方法

### 2.1 田间试验设计与紫外辐射处理

试验在云南农业大学甘蔗研究所实验地进行, 10 个割手密无性系来源于云南农业大学甘蔗研究所割手密苗圃。各无性系基本特征见表 1。试验每个小区面积为 150cm×140cm。从 4 月 7 日 (分蘖期) 开始用 UV-B 灯管加强辐射, 每天光照 7h (10:00~17:00, 雨天和阴天除外)。田间土壤背景值: 碱解氮 (N) 150mg/kg, 全氮 1.36g/kg, 速效磷 (P) 36.58 mg/kg, 全磷 8.3 g/kg, 速效钾 185.89 mg/kg, 全钾 5.43 g/kg, 有机质 4.56%, pH7.28。

模拟 UV - B 辐射使用上海顾村电光仪器厂生产的 40W UV - B 灯管 (光谱为 280 ~ 310nm), 灯管悬于植株的上方, 用紫外辐射仪 (北京师范大学仪器厂生产) 测 297nm 处辐射强度 (以植株上部计), 使得辐射强度为 5.0KJ/m<sup>2</sup>, 设 0 (自然光对照) 和 5.0KJ/m<sup>2</sup> (处理) 两个辐射水平, 相当于昆明地区 (北纬 25°、海拔 1950m) 0% 和 20% 臭氧衰减。相当于昆明地区 20% 的臭氧衰减 (灯管的高度每周调 1 次)。

## 2.2 供试材料

用筛选出来的沿不同海拔和纬度 (UV - B 背景) 分布较广的重要的野生甘蔗资源植物割手密抗性无性系、敏感无性系各 4 个以及介于两者之间的无性系 2 个, 筛选根据 2003 年、2004 年所得到的响应指数进行 (表 1)。

表 1 10 个割手密无性系原产地及其背景特征

序号	无性系编号	原产地	产地海拔	生境	纬度 ON	RI
1	I91 - 48	四川良中	350	旱生	37	848.04
2	92 - 11	海南崖城	12	旱生	18	313.31
3	II91 - 99	广东罗定	80	旱生	23	241.69
4	II91 - 13	陕西留坝	600	湿生	34	121.69
5	83 - 193	云南宜良	780	旱生	25	-20.15
6	92 - 36	海南海口	3.6	湿生	20	-51.65
7	II91 - 116	广西南明	200	旱生	23	-143.59
8	II91 - 5	陕西城固	500	旱生	34	-151.57
9	I91 - 37	四川简阳	550	旱生	30	-169.3
10	II91 - 81	福建诏安	60	旱生	26	-232.74

表 2 紫外辐射对 10 个割手密无性系株高 (cm) 的影响

原产地	处理 1		处理 2		对照组		产地海拔/m
	(4.12)	1	(5.9)	2	生长速率	生长速率	
四川良中	8.27	6.2	10.7	6.9	0.1129	0.2938	350
海南崖城	20.1	17.2	25.6	20.5	0.1919	0.2736	12
广东罗定	16.1	15.2	19.7	16.7	0.0987	0.2236	80
陕西留坝	10.8	19.7	14.8	24.7	0.2538	0.3704	600
云南宜良	15.4	8.56	19.5	12.7	0.4836	0.2662	780
海南海口	14.4	14.1	17.3	17.9	0.2695	0.2014	3.6
广西南明	10.58	7.4	12.5	9	0.2162	0.1815	200
陕西城固	11.34	12.5	14.5	19	0.52	0.2786	500
四川简阳	12.6	12	18.7	19.8	0.65	0.4841	550
福建诏安	8.95	5.35	10.1	8.1	0.5140	0.1285	60

## 2.3 测定方法

株高: 用钢卷尺测株高 (cm, 地表与植株顶端的距离), 每个小区测 10 株, 取平均值。

## 2.4 统计方法

UV - B 辐射和对照处理的参数的差异显著性用方差分析, 相关分析用 SPSS 软件,  $p < 0.05$  或  $p$

$< 0.01$  水平。采用统计 Excel5.0 软件进行分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同无性系对照组生长速率与处理组的差异分析

对照组生长速率和处理组生长速率经过 F 检验 ( $F = S_{\text{大}}^2/S_{\text{小}}^2$ ), F 值为 3.7, 查 F 值得得  $F_{0.05} = 3.18$ ,  $F > F_{0.05}$ 。所以处理组和对照组具有显著差异。说明不同无性系割手密经紫外处理后与自然状态下的割手密具有显著差异。

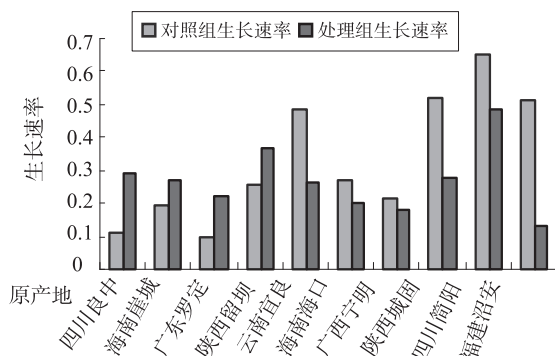


图 1 对照组与处理组的生长速率比较

### 3.2 敏感性分析

从图 1 中可以看出: 耐性无性系的生长速率是处理组  $>$  对照组, 说明耐性无性系对于增强的 UV - B 辐射具有较强的耐性, 紫外辐射反而促进了割手密的生长。中间型、敏感性无性系的生长速率为处理组  $<$  对照组, 尤其是敏感性无性系 (II91 - 5、I91 - 37、II91 - 81), 在 UV - B 处理下的生长速率明显低于自然光下的。这说明中间型、敏感性无性系已经受到紫外辐射伤害, 其对紫外辐射响应十分敏感。此结果正好与我们 2003 年、2004 年得到的响应指数相一致。随着不同无性系响应指数的降低, 其生长速率受 UV - B 辐射的影响逐渐增大。

### 3.3 海拔与紫外辐射伤害之间的关系

将对照组生长速率与其原产地海拔进行相关性分析, 其相关性 R 值为 0.158。将处理组生长速率与其原产地海拔进行相关性分析, 其相关性 R 值为 0.365。从相关性来看, 当紫外辐射增强时, 其原产地海拔与生长速率的相关性越好, 原产地海拔越高割手密受到的伤害越小。说明割手密原产地海拔越高其对紫外辐射的耐性越强, 其生长速率也相对较高。Ziska<sup>[7]</sup> 等发现不同海拔高度起源的植物总生物量对 UV - B 的反应存在差异, 低海拔物无性系的生物量因 UV - B 辐射而明显降低, 但高海拔物无性系却不受 UV - B 辐射的影响, 另外, 低海拔物无性系的根冠比也被 UV - B 辐射降低。他



们认为, 生长于高 UV - B 辐射环境中的植物可能产生了一无性系对 UV - B 的适应机制, 从而表现出更具抗性<sup>[8]</sup>。

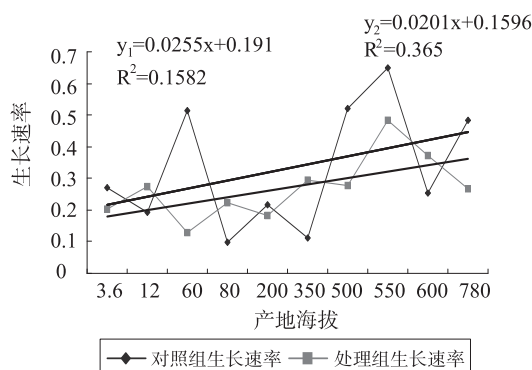


图2 不同海拔的割手密无性系与紫外辐射伤害的相关性

#### 4 结论

(1) UV - B 处理下, 割手密无性系的生长速率和自然光下的存在差异。呈现出不同割手密无性系的响应指数的逐渐降低, 其生长速率也逐渐呈降低趋势。

(2) UV - B 处理下, 不同割手密无性系的株高存在无性系差异。敏感性无性系, 在 UV - B 处理下的生长速率明显低于自然光下的。耐性无性系对于增强的 UV - B 辐射具有较强的耐性, 紫外辐射反而促进了割手密的生长。

(3) 割手密无性系对于 UV - B 辐射的响应与其原产地海拔有关: 原产地海拔越高, 紫外辐射的影响越小。

#### 5 展望

UV - B 辐射增加对植物形态结构的改变可能是比叶片光合能力以及植物生物量更为敏感的指

标, 植物的光形态建成与植物的竞争性平衡有密切的联系, 将最终影响到作物群体结构、产量、生物量等, 在生态系统水平上可能具有重要的意义<sup>[9]</sup>。UV - B 辐射增强下对植物形态结构的响应及其相应的机理及其调控措施、品种选育等许多方面的工作都还有待深入研究。从生态学角度研究, UV - B 辐射对植物的影响将倍受生态学家的关注。

在本试验中可以看出不同的割手密品无性系对紫外辐射的效应不同, 其表现出较强的耐性和敏感性。在臭氧层不断减薄, 紫外辐射不断增强的环境下, 培育出一无性系对紫外辐射具有较强耐性的新甘蔗品无性系, 可减少紫外辐射对甘蔗产量的影响, 可以保证糖的正常供产, 保障人民生活需要和经济发展需要。

#### 参考文献:

- [1] 周青, 黄晓华. 生存胁迫—紫外辐射增强对植物生态生理效应 [J]. 自然杂志, 2001, 23 (4).
- [2] 郑有飞, 颜景义. 大豆植物经紫外辐射后生长分析的数学模型 [J]. 南京气象学院学报, 1996, 19 (1).
- [3] 郑有飞, 杨志敏, 颜景义, 等. 作物对太阳紫外线照射增加的生物效应极其评估 [J]. 应用生态学报, 1996, 7 (1).
- [4] 陈拓, 王勋陵. UV - B 辐射对小麦叶片  $H_2O_2$  代谢的影响 [J]. 西北植物学报, 1999, (2).
- [5] 李元, 王勋陵. 紫外辐射增加对春小麦生理、产量和品质的影响 [J]. 环境科学报, 1998, 18 (5).
- [7] 苏广达, 叶振邦. 甘蔗栽培生物学 [M]. 北京: 轻工业出版社, 1983.
- [6] Zisk, L. H., Teramura, A. H..  $CO_2$  enhancement of growth and photosynthesis in rice (*oryza sativa*). Modification by increased ultraviolet radiation [J]. Plant Physiol, 1992, (99).
- [7] 李元, 岳明. 紫外辐射生态学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [8] 李富生, 何丽莲. 植物对非生物胁迫的生理响应及甘蔗抗旱抗寒性研究进展 [J]. 甘蔗 (福建), 2004, 11 (1).

## Effect of Enhanced UV - B Radiation on the Plant Height of 10 Wild *Saccharum Spontaneum* L. Clones

DUAN Biao

(Wuhua District Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650031 China)

**Abstract:** Field studies were conducted for plant height of 10 wild sugarcane clones under an enhanced ultraviolet - B (UV - B, 280 - 310nm) radiation. The result indicated that the growth speed of wild sugarcane clones under UV - B radiation and under the sun light is different. After UV - B radiation, plant height of clone of different wild sugarcane clones own clone differences. The influence of clone of wild sugarcane clones to UV - B radiation is resulted to altitude of original land, which is higher, the effect of UV - B radiation is lower.

**Key words:** UV - B radiation; Wild sugarcane clones; plant height; impact

# 金沙江中游河段水电开发 对陆生生态环境的影响分析及对策研究浅谈

刘婧, 夏峰, 杨茜, 段禾祥

(云南省环境科学研究院, 云南昆明, 650034)

**摘要:**对金沙江流域中游地区的陆生生态环境本底进行调查, 基本掌握该区域的陆生生物多样性、陆生生态系统完整性等情况, 在此基础上分析中游河段水电开发可能造成的陆生生态环境影响, 并从流域全局以及战略的高度, 研究减轻或消除不良影响的对策和措施, 促进流域可持续发展。

**关键词:**水电开发; 生态环境; 影响分析; 对策研究

**中图分类号:** X82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0080-04

实践证明, 流域梯级开发能合理有效地利用水资源, 降低工程造价, 缩短建设工期, 促进流域综合治理和经济社会发展。目前, 我国水电资源的开发已逐步从河流的单个电站开发或小流域开发过渡到大流域的连续滚动开发, 这是水电发展的必然, 也是西部开发的重大举措。但也要看到, 流域梯级开发除了引发单个工程所带来的生态环境影响外, 由于系统的关联和累积效应, 还存在对流域生态系统的潜在影响。如何在开发前识别、预测和评价流域梯级开发对生态环境的影响, 以便在流域规划、工程设计和运行管理中采取相应的对策措施, 是当前在水电开发中亟待解决的问题。

## 1 金沙江中游河段开发规划

金沙江为长江上游河段, 发源于青海省境内唐古拉山北麓的各拉丹东雪山和尕恰迪如岗雪山, 流经青、藏、川、滇4省区。金沙江河长2326km, 落差3279.5m, 平均比降1.41‰。习惯上分为上、中、下三段, 上游自玉树至石鼓; 中游石鼓至雅砻江口, 主要位于云南省丽江市和迪庆州境内; 下游雅砻江口至宜宾, 为川滇两省界河。

金沙江水能资源极其丰富, 主要集中在干流河段, 理论蕴藏量1.13亿kW, 约占全国水能资源理论蕴藏量的1/6, 可开发容量为88910MW, 年发电量5041亿kW·h。上游河段主要在青海和西藏境内, 开发条件较差; 而中下游河段开发条件较好, 主要开发任务是发电、航运、防洪和水土保持。

金沙江中游河段石鼓至雅砻江口, 长约564km, 落差838m。为开发金沙江中游河段丰富

的水力资源, 原国家发展计划委员会同意该河段按“一库八级”开发, 即龙盘、两家人、梨园、阿海、金安桥、龙开口、鲁地拉、观音岩, 总装机容量20580MW, 总年发电量883亿kW·h。此外, 经四川省发展改革委员会同意, 在观音岩坝址以下57km河段进行了补充规划, 设置了金沙和银江两级水电站, 总装机容量845MW, 年发电量约38.2亿kW·h。金沙江中游河段发电效益巨大, 社会经济效益十分显著, 对促进当地经济的发展, 实现贫困地区脱贫致富具有十分重要的作用; 同时, 梯级电站发电每年可节约原煤4100万t, 向东部供电可缓解东部发达地区环境污染的压力, 环境效益也十分显著。

## 2 金沙江中游河段研究范围的生态环境现状

金沙江中段流域属滇西纵谷山原区及滇中红层高原区地貌单元。研究区地势西北高东南低, 相对高差约3540m。研究区气候的立体效应较明显, 气温随海拔高度呈递减趋势, 年均降雨量308.8mm~1078.1mm。研究区主要土壤类型有红壤、棕壤、紫色土等, 其中, 地带性的红壤分布面积最大。

### 2.1 土地利用现状

研究区土地利用类型有6类: 耕地、有林地、灌木林地、其它草地、住宅用地和河流水面。其中, 有林地的面积最大, 占研究区总面积的42.1%; 其它依次为耕地、灌木林地、其他草地、河流水面和住宅用地。区内土地开发利用较早, 开发程度较高, 海拔较高的区域主要为林地, 沿江平坦的地区分布有较多的耕地, 其它地类在规划江段两岸交错分布。

研究区域土地利用特点如下: 耕地面积少, 后备耕地资源严重不足; 林地绝对数量多, 林种单

一,且分布不均匀;草地数量较多,但利用价值不高;住宅用地较少,集约程度不高。

## 2.2 植被现状

研究区在植被区划上属于亚热带常绿阔叶林区域,西部(半湿润)常绿阔叶林亚区域,高原亚热带北部常绿阔叶林地带,滇中、滇东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林区,并涉及青藏高原高寒植被区域的青藏高原东南部山地寒温性针叶林亚区域的一小部分。水平地带性植被以壳斗科植物为优势种的半湿润常绿阔叶林,但现存数量很小,大部分已被次生植被所替代。

研究区共有 11 类植被,其中,农田植被面积最大,其它依次为暖温性针叶林、稀树灌木草丛、温凉性针叶林、灌丛、寒温性针叶林、河流水面、住宅用地、落叶阔叶林、常绿阔叶林和寒温山地硬叶常绿阔叶林。

研究区内,江面以上约 200m 高程的范围内分布着干热河谷稀树灌木草丛或干热灌丛;海拔 1600m~2600m 的范围内主要分布云南松林,或干热河谷硬叶栎类,或半湿润常绿阔叶林;海拔 2600m~3200m 为山地温凉植被。

## 2.3 动植物资源现状

研究区分布有维管束植物 170 科,690 属,共 1791 种。其中蕨类植物 20 科 43 属 115 种,裸子植物 7 科 17 属 24 种,被子植物 143 科 630 属 1652 种。植物区系以热带和温带成分为主:热带成分有 341 属,占 53.62%;温带成分有 203 属,占 31.82%。

研究区分布有陆生脊椎动物 28 目 82 科 400 种,包括两栖动物 2 目 7 科 14 属 19 种,爬行动物 2 目 6 科 39 种,鸟类 16 目 46 科 269 种,哺乳动物 8 目 23 科 73 种,均以东洋种(东洋界)占绝对优势。

## 2.4 河谷陆生生态系统

研究区是一个复合生态系统,其景观生态系统可划为 3 个大类,11 种类型,其中,森林景观占研究区总面积的 42%,是区内最重要的景观类型。研究区域各类景观斑块数共有 38375 块,其中以农田景观的斑块数最多,有 13318 个斑块,占总斑块数的 34.7%;其次是暖温性针叶林景观,有 8181 个斑块。其中 6 种不同的森林景观合计面积占到研究区域面积的 42% 左右,由此可知,区内以森林景观为主,农田景观次之。研究区域景观生态环境质量以优为主,占研究区面积的 42.1%。

## 3 金沙江中游河段水电开发对生态环境的影响

### 3.1 对土地利用的影响

梯级电站建设淹没的土地面积占研究区总面积

的 14.03%。其中,按受影响的地类绝对面积,受影响最大的是有林地,其它依次为耕地、其它草地、灌木林地和住宅用地;按受影响的程度,受影响最大的为住宅用地,其受影响面积占研究区该地类的 33.52%,其次为其他草地、灌木林地、有林地和耕地。这些土地的利用形式会发生改变,一方面造成植被和生物生产量的损失,另一方面对农业生产造成一定的不利影响,而且,耕地和房屋受影响的居民的生活也将受到影响。

### 3.2 对植被的影响

梯级电站淹没将涉及到 7 类植被类型,淹没面积占研究区总面积的 14.03%。就淹没面积而言,在自然植被中,暖温性针叶林淹没面积最大,其它依次为稀树灌木草丛、干热灌丛、落叶阔叶林和半湿润常绿阔叶林;对人工地被物而言,农地植被淹没面积较大,其次还涉及淹没居民地。

就自然植被受影响的程度而言,落叶阔叶林是受影响最大的植被类型,其被淹没的面积占研究区同类植被面积的 61.91%;半湿润常绿阔叶林受影响程度次之,占研究区域同类植被面积的 34.73%,亦属受影响较大的植被类型;其它依次为稀树灌木草丛、干热灌丛和暖温性针叶林。就人工地被物受影响的程度而言,住宅用地受影响的程度较大,受淹没面积占研究区住宅用地面积的 33.52%;而农田植被受淹没面积仅占研究区域同类植被面积的 10.54%。

对地带性植被而言,梯级电站建设不会使研究区域内半湿润常绿阔叶林消失,而且水库蓄水后,随着空气湿度的增加,还将有利于暖性针叶林向半湿润常绿阔叶林方向演替。

对次生性植被而言,梯级电站建设不会使研究区域内落叶阔叶林消失,不会对暖温性针叶林造成显著性影响,而且,建坝后,由于局地小气候的改善,有利于稀树灌木草丛和干热灌丛的恢复发展。

### 3.3 对动植物物种的影响

梯级电站建设对金沙江流域植物特有种—多柱无心菜、丽江赤爬、滇榄仁等基本没有影响;对栎菊木和光叶小檗无明显影响。

梯级电站建设完成后,近 500 种植物的部分植株将被淹没,但是,这些植物多为广布种,梯级电站建设对其种群影响很小;梯级电站建设将淹没少量国家 II 级重点保护野生植物毛红椿。

梯级电站建设对动物的影响主要表现为适宜栖息生境的减小、动物栖息环境质量的降低以及区内

动物种群数量和分布格局的变化。但是,由于动物的活动和趋避能力较强,规划实施不会造成任何动物物种在区内消失,但在短期内,区内大部分动物的种群数量将有所波动。梯级电站建设完成后,随着生态环境逐渐恢复,受影响的动物种群数量也将得到一定的恢复。因此,梯级电站建设对动物的影响不显著。

### 3.4 对景观生态体系的影响

梯级电站建设完成后,研究区域内各种景观类型的斑块数变化如下:灌丛景观斑块数增加1680个,暖温性针叶林景观斑块数增加1100个,草地景观斑块数增加209个,寒温山地硬叶常绿阔叶林、寒温性针叶林和温凉性针叶林景观斑块数不变,城镇和半湿润常绿阔叶林景观斑块数各减少5个,河流景观斑块数减少12个,落叶阔叶林景观斑块数减少14个,农田景观斑块数减少1269个。由此可知,规划实施不会对寒温山地硬叶常绿阔叶林、寒温性针叶林和温凉性针叶林景观造成影响,对暖温性针叶林景观的影响最大。

梯级电站建设完成后,河流景观的优势度有大幅度上升(上升0.1074),其它的都有不同程度的下降。但景观优势度仍然是农田景观居首位(0.3779),其次是暖温性针叶林景观(0.3092),水面上升到第三(0.1611)。景观优势度下降最大的是农田景观(下降0.0445)和暖温性针叶林景观(0.0203)。也就是说梯级电站建设完成后对河流、暖温性针叶林和农田景观的影响最大。

经计算,梯级电站建设完成后,Shannon - Weaver 多样性指数上升0.1183, Simpson 多样性指数也上升0.0445。总的来说,研究区域的景观多样性并不会因为梯级电站建设而发生重大改变,对景观的稳定性也无明显影响。

## 4 陆生生态保护对策措施规划

### 4.1 不利生态影响的减免措施

对梯级电站淹没涉及的保护植物毛红椿,应实施迁地保护和采种繁育。对于施工区域涉及或靠近的保护植物,应根据实际情况,采取迁地保护、采种繁育或挂牌保护等相应措施。

### 4.2 不利生态影响的削减措施

(1) 对植物植被不利影响的削减。在流域规划范围内制定切实可行的植树造林、封山育林和幼林抚育规划,有计划、有步骤地对规划区内的植物植被进行保护和恢复。同时结合流域内各市(区)、县的退耕还林工程的实施,推广多种经济

林果种植;在广大农村地区推行中低产田改造、坡改梯等耕地改造技术,逐步减少流域内的陡坡垦殖现象。改变落后粗放的生产经营方式,大力发展具有地方特色和优势资源的开发,合理布局和发展草地畜牧业和林果业,以此带动区域经济的增长。对于水土保持和绿化草种、树种等的选择,应选用当地适生种,避免因引种不慎,导致外来物种入侵。

(2) 对野生动物不利影响的消减。加强对梯级电站建设的相关领导、技术人员和施工人员的环保意识教育,明确环境保护的重要性,禁止非法捕杀野生动物。水库蓄水初期,应结合野生动物的生态习性,制定合理的水库蓄水计划。

(3) 其他不利影响的削减。凡因梯级电站建设可能造成林地破碎化和岛屿化的地方,应进行生态设计,如减少破碎化程度的设计,设立岛屿之间的生物通道等。加强环境保护的宣传教育,提高各级人员的环保意识,设置环境保护管理与监督机构,加强管理,做好环境监测工作,实施环境监察,确保环境保护措施的实施。

### 4.3 不利生态影响的补偿

梯级电站建设永久性占用一部分耕地、森林等,使这些资源受到损失,因此必须予以补偿。对于永久性占用的林地,应根据有关规定采取异地补偿的方法恢复,并采取人工抚育至少5a的措施,使每公顷生物量不低于原有水平。对于永久占用的耕地和基本农田,应根据有关政策进行补偿,并根据“占多少,垦多少”的原则开垦与所占耕地数量质量相当的耕地。

### 4.4 生态影响恢复

梯级电站产生的暂时性生态影响,可以通过生态恢复技术予以消除。

(1) 梯级电站建设期间,应严格按照景观功能和不同规划占地情况进行植被恢复。因梯级电站淹没损失的有价值的植被类型,应在淹没区之外规划相应面积的区域,根据被影响到的植被群落的种类组成,营造与之相似的植被群落,即进行群落的异地恢复。因梯级电站建设行为受损部分的植被应进行科学合理的植物措施设计,进行植被的人工抚育恢复。选择速生的乡土树种合理配置人工群落,人工辅助恢复5~6a后,让群落按照自然更新演替方式恢复,以避免工程建设后植被破坏带来的土壤侵蚀和自然生产力衰退。

(2) 可在原生性植被群落中,对主要优势种进行采种,人工播种于人工群落中,促进原生性植

被的恢复。在植被恢复过程中,应尽量减小人为的负面干扰程度。

(3) 在各电站水库周围 20m ~ 50m 的范围内,根据地形、土地资源和气候等具体情况,营造库岸防护林带。对于保护水库,维护电站有效使用年限,保护和恢复陆地生态环境都是非常必要的。

(4) 为最大限度恢复研究区遭破坏的植被,有效控制因梯级电站建设造成的新增水土流失,减轻梯级电站建设对周边生态环境破坏程度,还应在下一阶段具体项目实施过程中,严格落实水土保持措施,采用工程措施、植物措施、土地整治相结合的方式生态影响恢复。

(5) 在立地条件较差的干旱河谷区,进行生态恢复时,要坚持因地制宜、优先选用乡土种等原则,并注重生态系统的整体性。可采取先草灌后林木的修复模式,一方面采用人工措施创造生境条件,另一方面发挥自然修复功能,可促进干旱河谷区生态系统的形成。

## 5 结语

水电是可再生能源,其开发符合国家相关政策。但也需要认识到水电开发对生态环境的影响是无法避免的,应该以实施可持续发展战略为前提,充分考虑梯级建设可能产生的区域性生态环境问题,从区域的角度预防和避免水电梯级开发实施后可能造成的区域性和累积性的不良生态环境影响,落实科学发展观,构建社会主义和谐社会,充分协调水电开发、经济增长、社会进步与环境保护之间的关系,最终达到促进梯级开发和环境保护要求相协调的目的。

### 参考文献:

- [1] 吴升,华一新,杨树华,等.金沙江流域生态保护与建设决策支持系统[J].地球信息科学,2004,(4).
- [2] 杨树华,王宝荣,王崇云,等.流域生态系统的生态保护及其数字化管理:以云南金沙江流域为例[M].北京:科学出版社,2006.

# Brief Talk on Impacts and Countermeasures on Terrestrial Ecological Environment on Hydropower Development in the Middle Reach of the Jinshajiang River

LIU Jing, XIA Feng, YANG Qian, DUAN He - xiang

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

**Abstract:** The background of terrestrial ecological environment in the middle reach of Jinshajiang River was investigated involving in the situation of the terrestrial biological diversity and the integrity of terrestrial ecosystem. The possible environment problems caused by the hydropower development impacting on the terrestrial eco - environment were indicated. Finally, the countermeasures to eliminate and reduce the adverse effects were put forward based on the overall strategic level.

**Key words:** hydropower development; terrestrial ecological environment; impact assessment; countermeasure

# 天津市北塘排污河清淤改造前后水质评价分析

许亮<sup>1</sup>, 王文美<sup>2</sup>, 张宁<sup>2</sup>, 安龙<sup>2</sup>, 张舒<sup>3</sup>

(1. 天津市环境监测中心, 天津 300191; 2. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191;  
3. 天津理工大学, 天津 300191)

**摘要:**通过对天津市北塘排污河现状水质情况进行监测, 分析清淤改造工程对北塘排污河水质改善程度。对照清淤前数据, 判断包括化学需氧量、氨氮等总量控制因子在内的水污染物削减趋势, 为巩固清淤成果, 强化总量削减提供依据。

**关键词:**北塘排污河; 改造; 水质; 评价; 天津

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0084-03

天津北塘排污河开挖于 1959 年, 位于天津市东北部、海河北侧, 主要用于治理海河时排泄市区污水和农田咸水。北塘排污河西起河北区赵沽里泵站, 东至东丽区永定新河, 流经河北区、河东区、东丽区, 至永和闸汇入永定新河并最终注入渤海, 全长约 33km, 担负着中心城区赵沽里、张贵庄两大排水系统的排水功能, 系天津市东北部地区主要排水出路。北塘排污河流经河北区和东丽区, 属于两区界河, 数十年来一直是海河以北市政污水的主要受纳水体, 其运行情况直接影响着天津市北部区域的工、农业生产和人民生活。随着环境管理需求的不断深化, 多年来各级环境管理部门及环境保护科研院所先后开展了大量水质调查及评价工作<sup>[1]</sup>。

2008 年 10 月, 天津市开始实施北塘排污河治理工程, 工程范围自外环线至东金公路, 全长 14km。其中, 外环线至机场大道段河道长 3.8km, 机场大道至东金公路段河道长 10.2km。工程对沿线所有污水口进行截污, 经污水处理厂处理达标后方可排入河, 未经处理的污水不允许直接排入北塘河。同时, 河道两岸以植树为主, 实施生态护岸, 在主要河段实施景观绿化。清淤治理工程产生的被污染污泥移交青凝侯淤泥卫生填埋场进行处理处置。北塘排污河清淤改造工程于 2009 年 6 月完成河道渠化, 2009 年 9 月全面完工。河道治理后对于改善周边环境、提高沿线市民生活的环境标准、改善天津市的生态水环境, 具有非常重要的意义。

## 1 水质分析与评价方法

### 1.1 评价因子的选择

历史资料显示, 北塘排污河的主要污染物为化

学需氧量和氨氮, 因此为了更为直观地显示清淤改造工程完成后水质改善情况, 于 2009 年 4 月至 7 月对北塘排污河中包括 pH、氨氮、化学需氧量等指标在内的 5 项评价因子进行现状监测。

### 1.2 监测项目分析方法

各监测项目所采用分析方法及其依据见表 1。

表 1 监测项目分析方法与依据<sup>[2]</sup>

监测项目	分析方法	分析方法依据
pH 值	玻璃电极法	GB/T6920-1986
氨氮	纳氏试剂分光光度法	GB/T7479-1987
化学需氧量	重铬酸盐法	GB/T11914-1989
色度	稀释倍数法	GB/T11903-1989
硝基苯	气相色谱法	《水和废水监测分析方法》 (第四版) 2002

### 1.3 断面选择

根据北塘排污河流经区域分布情况, 设计选取监测断面 5 个, 分别为靖江桥、兵营桥、汉高桥、山岭子、永河闸, 各选取断面的特征分别为:

(1) 靖江桥: 此断面位于河北区境内, 赵沽里泵站下游, 可视为北塘排污河的起始断面, 对照断面。

(2) 兵营桥: 此断面为位于河北区和东丽区交界处, 为出境/入境断面, 同时作为河北区的削减断面和东丽区背景断面, 反映北塘河出河北入东丽的水质状况。

(3) 汉高桥: 此断面位于东丽区境内, 为控制断面, 设置在东郊污水处理厂出水汇入北塘河后基本混匀处。用来反映东郊污水处理厂对北塘河水质的影响。

(4) 山岭子: 此断面位于东丽区境内, 为控制断面, 用来反映华明镇等污水汇入对北塘河水质

的影响。

(5) 永河闸: 此断面位于东丽区境内, 为入河口断面, 用来反映北塘河入永定新河的水质状况。

## 2 主要污染因子变化情况

目前尚未实施明确的排污河道评价标准, 考虑到北塘排污河部分河道地处市区段, 具有景观河的作用, 根据天津水环境功能区划, 属于 V 类水体, 选取相应地表水环境质量标准<sup>[3]</sup>进行评价。

### 2.1 氨氮 ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ) 含量变化对比

分别针对上述 5 个断面, 选取 2009 年 4 月至 7 月河道清淤治理工程处于进行阶段以及竣工时的 4 组现状监测数据, 与 2008 年 4 月清淤前的水质监测数据进行对比。

根据监测结果, 各断面  $\text{NH}_3 - \text{N}$  水质情况分别为: 靖江桥断面 2.82 ~ 29.9mg/L; 兵营桥断面 13.2 ~ 39.6mg/L; 汉高桥断面 13 ~ 38.2mg/L; 山岭子断面 18 ~ 40.9mg/L; 永和闸断面 18.4 ~ 32.3mg/L, 具体趋势见图 1。

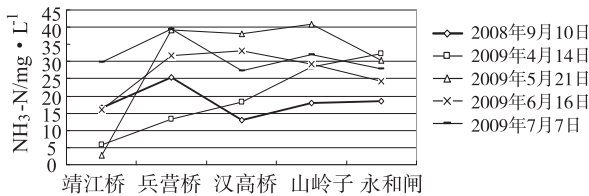


图1 2008年4月及2009年4~7月各断面  $\text{NH}_3 - \text{N}$  变化趋势图

从图 1 来看, 北塘排污河不同流域  $\text{NH}_3 - \text{N}$  含量有较大变化, 按照河流从上游到下游的顺序将断面由靖江桥、兵营桥、汉高桥、山岭子、永和闸依次排序。工程进行中 (4 月) 随着污水由上游向下游流动,  $\text{NH}_3 - \text{N}$  含量明显升高。清淤工程竣工后  $\text{NH}_3 - \text{N}$  含量变化量相对稳定, 兵营桥到汉高桥  $\text{NH}_3 - \text{N}$  含量明显下降, 初步分析其原因可能为该河段不定期有大量低氮污水排出, 致使  $\text{NH}_3 - \text{N}$  含量呈现一定的下降趋势。

### 2.2 化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ) 含量变化对比

为了比对清淤工程后对北塘排污河污水的作用效果, 仍选取工程开始前 2008 年 4 月份的永和闸、山岭子等 5 个断面的监测数据, 与工程后期的 2009 年的 4 组数据。根据监测结果, 各断面  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  水质情况分别为: 靖江桥断面 68 ~ 108mg/L; 兵营桥断面 76 ~ 129mg/L; 汉高桥断面 40 ~ 131mg/L; 山岭子断面 76 ~ 158mg/L; 永和闸断面 80 ~ 223mg/L, 具体趋势见图 2。

从图 2 来看, 各断面不同时期  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  含量水平

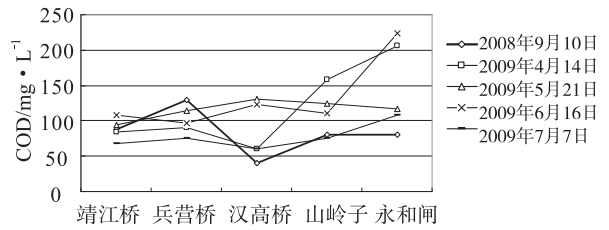


图2 2008年4月及2009年4~7月各断面  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  变化趋势图

相对稳定, 基本上处于 80 ~ 200mg/L 的浓度区间。从 2009 年 4 月到 7 月,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  呈现逐渐降低的趋势。从图中可以看出汉高桥到永和闸河段中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  增量变化显著, 表明该区间常有大量高浓度废水汇入。各断面上  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度比 2008 年 9 月下降并不多, 甚至有些河段还有上升情况出现。一方面, 可能是因为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  测定结果受很多因素影响较大, 比如季节、温度等, 所以结果不够稳定; 另一方面, 污水排放量排入河内的数量的不确定性。

### 2.3 pH 与色度变化对比

选取 2008 年 4 月份清淤改造工程开始前永和闸、山岭子等 5 个断面 pH 与色度水质监测数据, 与 2009 年工程后期的监测数据进行比对: 靖江桥断面 pH 变化量为 7.85 ~ 8.72, 色度稀释倍数是 8 ~ 80 倍; 兵营桥断面 pH 变化量为 7.44 ~ 8.46, 色度稀释倍数是 8 ~ 160 倍; 汉高桥断面 pH 变化量为 7.18 ~ 7.47, 色度稀释倍数是 8 ~ 128 倍; 山岭子断面 pH 变化量为 7.34 ~ 7.61, 色度稀释倍数是 16 ~ 64 倍; 永和闸断面 pH 变化量为 7.12 ~ 7.58, 色度稀释倍数是 32 ~ 128 倍。2009 年水质监测具体趋势见图 3、4。

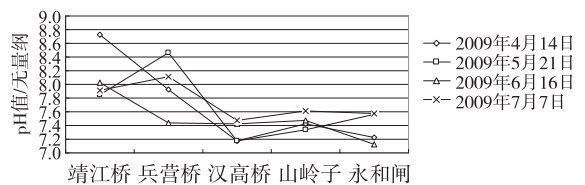


图3 2009年4~7月各断面pH值变化趋势图

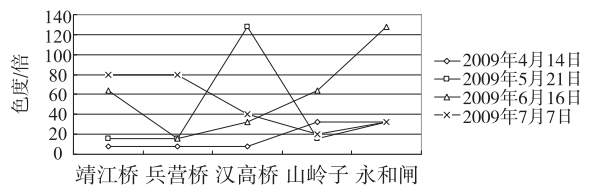


图4 2009年4~7月份各断面色度变化趋势

由图 3 可看出, 经过清淤工程的实施改造, 北塘排污河 pH 一直保持在 7 ~ 9, 各断面数值变化较为稳定。由图 4 可看出, 随清淤改造工程的完成, 除个别监测时间及断面由于天气、温度、汇入水质

等原因, 监测结果呈现离群数值外, 总体上色度水质监测结果保持在相对稳定的较低水平。

### 3 北塘排污河整体水质变化趋势分析

分别选取东郊污水处理厂桥、汉高桥两个断面, 对北塘排污河2008年9月份的数据和2010年6月份的数据进行对比, 反映出清淤工程前后北塘排污河整体水质的变化情况。

#### 3.1 东郊污水处理厂桥

东郊污水处理厂桥断面清淤改造工程前后水质变化情况见表2。

表2 东郊污水处理厂断面施工前后水质对比 (mg/L)

东郊污水处理厂桥	溶解氧	pH值 /无量纲	化学需氧量	氨氮	总磷
地表水V类水质标准	≥2	6~9	≤40	≤2	≤0.4
施工前	2.06	6.86	120.06	37.16	6.67
施工后	4.41	7.47	66.13	19.1	1.52

从表2来看, 在东郊污水处理厂断面处, 经过清淤工程, 该断面整体水质虽仍属于劣V类水体, 但各项评价指标中, 溶解氧量已基本符合V类水质标准要求, pH值可保持稳定达标, 主要污染因子COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、总磷含量亦分别降低了45%、48.6%、77%, 整体水质改善明显。

#### 3.2 汉高桥

汉高桥断面清淤改造工程前后水质变化情况见表3。

汉高桥断面位于东丽区境内, 为控制断面, 设置在东郊污水处理厂出水汇入北塘河后基本混匀处。主要是用来反映东郊污水处理厂对北塘河水质的影响。从表3可见, 此断面水质情况与东郊污水

处理厂监测断面相似, 虽仍属于劣V类水体, 但清淤工程完成后, 溶解氧量及pH值可稳定达到地表水V类水质标准, 主要污染因子COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、总磷含量亦分别降低了29.2%、11.1%、7.5%, 整体水质得到一定程度的改善。

表3 汉高桥断面施工前后水质对比 (mg/L)

汉高桥	溶解氧	pH值 /无量纲	化学需氧量	氨氮	总磷
地表水V类水质标准	≥2	6~9	≤40	≤2	≤0.4
施工前	2.82	6.89	151	32.3	5.97
施工后	0.65	7.27	106.88	28.73	5.52

### 4 结论与分析

通过在不同时间条件下, 对北塘排污河典型断面进行现状监测得知, 通过采取河道清淤改造工程, 北塘排污河现状水质较2007~2008年度有明显改善。然而北塘排污河清淤改造只是针对污水接纳水体进行的污染治理, 在一定程度上对天津市水污染物存量进行了削减, 工程实施完毕后, 仍有大量的生产废水和生活污水将排入该河道, 如何提高水污染物排放标准限值, 同时加强环境监管, 确保水污染物增加量得到有效控制, 将是北塘排污河环境保护工作的重要方向。

#### 参考文献:

- [1] 李亚男, 李岩, 张廷, 等. 天津市北塘排污河不同水期的水质状况评价 [J]. 中国给水排水, 2008, 24 (22).
- [2] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [3] 张涛, 杨勇. 天津市环境保护标准使用手册 [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2010.

## Analysis of Water Quality before and after Dredging Project in Tianjin Beitang Drainage River

XU Liang<sup>1</sup>, WANG Wen - mei<sup>2</sup>, ZHANG Ning<sup>2</sup>, AN Long<sup>2</sup>, ZHANG Shu<sup>3</sup>

(1. Tianjin Environmental Monitoring Center, Tianjin 300191 China)

**Abstract:** Based on the monitoring of the status of Tianjin Beitang Drainage River, the degree of the improvement of water quality is studied after the dredging reconstruction project by contrasting to the data of water quality before the project. The analysis of reduction of COD<sub>Cr</sub> and NH<sub>3</sub>-N, which are the indicators of total amount reduction, was conducted. These results consolidate the achievement of the dredging project and provide the academic support for the total amount reduction.

**Key words:** Beitang Drainage River; alteration; water quality; assessment; Tianjin



# 某化工园区污水水质模糊综合评价

白晓瑞, 唐景春, 王敏, 王如刚

(南开大学环境科学与工程学院/环境污染过程与基准教育部重点实验室, 天津 300071)

**摘要:** 针对某化工园区内各个企业生产状况, 结合污水排放相关标准, 建立污水水质评价指标, 利用模糊综合评价法, 计算各个企业污水水质隶属于某种水质级别的隶属度, 从而可以综合评价出各个企业污水排放达标情况, 有助于更好地实施环境监督与整改措施。

**关键词:** 模糊综合评价; 污水水质; 相关性分析; 化工园区

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0087-03

人类的活动使得大量的工业、农业和生活废弃物排入江河湖海中, 使水体受到严重污染。目前, 全世界每年约有超过  $4.2 \times 10^{11} \text{ m}^3$  的污水排入江河湖海中, 污染了  $5.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$  的淡水, 导致了严重的环境灾害<sup>[1]</sup>。化工园区聚集了大量的企业, 各个企业从事的生产活动多样, 工业废水中污染物种类繁多, 使得污水处理厂污染负荷超标。

自美国控制论专家 L. A. Zadeh 在 20 世纪 60 年代提出模糊集以来<sup>[2-3]</sup>, 模糊数学在各行各业都得到了广泛的应用。模糊综合评价法在水环境评价中的应用也快速发展<sup>[4-6]</sup>。在实际应用中主要是以单因子超标倍数或污染因子等权法为主, 同时考虑污染因子不等权性、模糊性和随机性的综合定量研究则较少<sup>[7-8]</sup>。文中采用模糊综合评价法建立污水水质评价指标, 计算各企业污水与相关标准级别的隶属度, 从而评判化工园区排放污水水质情况。

## 1 评价步骤

模糊综合评价就是以模糊数学为基础, 应用模糊关系合成原理, 将一些边界不清, 不易量化的因素量化、进行综合评价的一种方法。它是通过构造等级模糊子集把反映被评事物的模糊指标进行量化 (即确定隶属度), 利用模糊变换原理对各指标进行综合评价。

### 1.1 确定评价指标

评价指标的确定是根据污水综合排放标准 (污水综合排放标准 GB8978-1996) 及园区内各个企业主要污染物而设置的。共设置 5 项评价指标: 总悬浮固体 (SS)  $x_1$ , 化学耗氧量 (COD)

$x_2$ , 生物需氧量 ( $\text{BOD}_5$ )  $x_3$ , 氨氮  $x_4$ , 总磷  $x_5$ , 共同组成评价指标集:  $U(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  如表 1 所示。

表 1 某工业园区各企业污水评价指标值 (mg/L)

水样名称	总悬浮物	COD	$\text{BOD}_5$	氨氮	总磷
企业 1	19.03	305.93	119.69	22.31	0.03
企业 2	138.76	215.67	92.36	18.31	1.89
企业 3	8.56	78.73	17.76	10.24	18.83
企业 4	14.63	188.83	96.76	2.47	1.67
企业 5	29.22	227.10	116.83	7.88	7.28
企业 6	20.17	33.96	61.04	0.46	0.29
企业 7	24.00	47.60	8.10	2.08	0.30
污水总排口	75.60	443.63	574.69	9.43	7.81

### 1.2 建立评价集

评价集是与评价指标集中评价因子相应的评价标准集合, 在环境质量评价中, 评价集是各个污染因子相应的环境质量标准等级的集合。根据污水综合排放标准 GB8978-1996, 将污水水质分为 {一级, 二级, 三级} 三个评价集。

表 2 污水排放标准 (mg/L)

指标	一级标准	二级标准	三级标准
总悬浮固体 (SS)	70	200	400
COD	60	120	120
$\text{BOD}_5$	30	60	300
氨氮	1.0	1.0	2.0
总磷	0.1	0.3	0.3

### 1.3 建立隶属函数

由于污水污染程度和污水排放标准都是模糊的, 用隶属度刻画分级界限较为合理。根据各指标的 3 级排放标准, 做出 3 个级别的隶属函数。常用的隶属函数的确定方法有模糊统计法、三分法和套用 F 分布法

等,文中采用套用 F 分布的降半梯形函数。

$$R_1(X) = \begin{cases} 1 & X \leq U_1 \\ \frac{(U_2 - X)}{(U_2 - U_1)} & U_1 < X < U_2 \\ 0 & X \geq U_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$R_2^-(X) = \begin{cases} 1 & X \leq U_1, X \geq U_3 \\ \frac{(X - U_1)}{(U_2 - U_1)} & U_1 < X < U_2 \\ \frac{(U_3 - X)}{(U_3 - U_2)} & U_2 < X < U_3 \end{cases} \quad (2)$$

$$R_3(X) = \begin{cases} 0 & X \leq U_2 \\ \frac{(X - U_2)}{(U_3 - U_2)} & U_2 < X < U_3 \\ 1 & X \geq U_3 \end{cases} \quad (3)$$

### 1.4 建立模糊关系矩阵

参与水质评价的评价因子有  $m$  个,水质评价标准由  $n$  个级别组成。设  $r_{ij}$  表示第  $i$  种污染物的环境质量数值可以被评价为第  $j$  类环境质量的的可能性,将各个企业实际监测值代入相应的隶属函数,计算隶属度得到水质评价因子与水质类别的模糊关系矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

这里  $r_{ij}$  为第  $i$  个评价指标隶属于第  $j$  等级的隶属度。

### 1.5 模糊权向量

根据污染物对水质的污染大权重应大和污染物小权重应小的原则,决定各指标权重的大小,其计算公式为:

$$a_i = \frac{c_i}{s_i} \quad (5)$$

$a_i$  为第  $i$  种评价指标的权重,  $c_i$  为第  $i$  种指标的实测值,  $s_i$  为多级浓度标准值的最大值。

为了进行模糊复合运算,单因素权重必须作归一化处理,  $w_i = \frac{a_i}{\sum a_i}$ , 计算出权重后组成模糊权重向量集  $\tilde{A}$ ,

$$\tilde{A} = [w_1, w_2, \cdots, w_m] \quad (6)$$

### 1.6 模糊关系合成算子的选择

算子的选择很多,通过实际验算选用算子  $M(\cdot, +)$  可避免丢失过多的信息,突出考虑诸污染

因子的综合作用,使计算结果更符合实际情况。 $M(\cdot, +)$  算子含义如下式:

$$B = \tilde{A} \cdot \tilde{R} = (w_1, w_2, \cdots, w_m) \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \cdots, b_n) \quad (7)$$

将与  $\tilde{A}$  与  $\tilde{R}$  合成得到模糊综合评价结果向量  $B$ ,  $b_n$  即为模糊复合运算结果,表示各级水质的隶属度,结果采取隶属度最大原则,即在评价结果向量中取最大值对应的级别为模糊分级评价结果<sup>[9-10]</sup>。

## 2 结果讨论

文中数据来源于对污水 3 次采样的实际检测结果的平均值。根据各个企业生产所用原材料及添加剂总结出各个企业主要排放污水中的主要污染物,分析采用《水和废水分析方法(第四版)》中的测定方法,并结合相关国家标准。

表 3 化工园区各企业排放污水水质评价结果

水质级别	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	企业 7
一级	0.01	0.009	0.008	0.004	0.0024	0.325	0.191
二级	0.02	0.025	0.003	0.03	0.0097	0.675	0.396
三级	0.97	0.967	0.999	0.964	0.988	0	0.412

由表 3 可以看出该化工园区内各个企业排放污水水质多数为三级标准,企业 6 达到二级标准,按规定个别企业应执行二级标准。尽管多数企业污水水质符合排放要求,但是个别指标存在严重超标现象。COD 分析,企业 1、企业 2、企业 4 及总污水口都超过三级标准。总悬浮物分析,所有水样都符合三级标准,其中总污水口及企业 2 出水较大。BOD<sub>5</sub> 分析,除了总污水口外,其它排放口污水水质排放均符合三级排放标准,其中企业 1 和企业 5 较大。氨氮分析,企业 1、企业 2、企业 3 等以及总污水口超标,最大是企业 1 超标 10 倍,其余超标在 5 倍左右。总磷分析,只有 3 个企业达到三级排放标准,分别是企业 1、企业 6 及企业 7,最大是企业 3 超标达 60 倍。

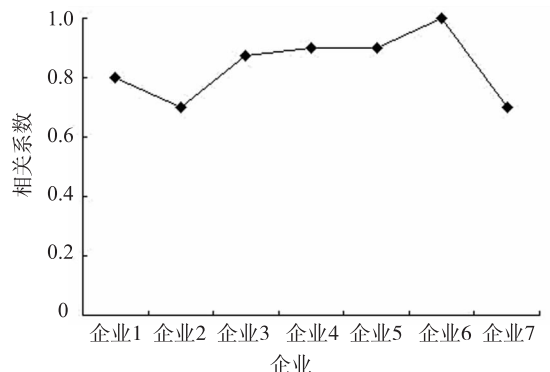


图 1 园区内各企业污水水质与总排污口水质的相关性

为了进一步分析各个企业污水水质对总排污口的影响特性,用 SpssS 软件对所有原始数据进行了相关性分析,结果如图 1 所示。由图 1 可以看出企业 6 的污水水质与总排污口相关性最大,影响也最大,企业 2 与企业 7 的相关性最小,都为 0.7,表明其水质对总排污口污水水质影响较小。

### 3 总结

借助模糊综合评价法对化工园区各企业排放污水水质进行分级,其评价结果表明:各个企业排放污水都达到污水综合排放三级标准,但多数企业一些排放指标严重超标,增加了污水处理厂处理负荷,故而应加大对企业的监督管理力度,使企业排放污水符合国家标准。

#### 参考文献:

[1] 张丽萍,张妙仙. 环境灾害学 [M]. 北京:科学出版

社,2008.

- [2] Zadeh L A. Fuzzy Sets [A]. Inf. Cont., 1965, 8.
- [3] Zadeh L A. Similarity relation and fuzzy orderings [A]. Inf. Sci., 1971, 3.
- [4] Sasikumar K. Mujumdar P P. Fuzzy optimization model for water quality management of a river system [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1998, 124 (2).
- [5] 潘峰,付强,梁川. 模糊综合评价在水环境质量综合评价中的应用 [J]. 环境工程, 2002, 20 (2).
- [6] 张龙江. 水质评价的模糊综合评判-加权平均复合模型应用 [J]. 环境工程, 2001, 19 (6).
- [7] 刘华祥,李永华. 东湖富营养化的模糊评价研究 [J]. 水资源保护, 2006, 22 (3).
- [8] 楚文海,刘奇,李江,等. 基于 GIS 应用 DRASTIC 模型评价贵阳市地下水污染风险 [J]. 地下水, 2007, 29 (1).
- [9] 叶义成,柯丽华,黄德育. 系统综合评价技术及其应用 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2006.
- [10] 李祚泳,丁晶,彭荔红. 环境质量评价原理与方法 [M]. 北京:化学工业出版社, 2004.

## Fuzzy Comprehensive Evaluation of Wastewater Quality in an Industrial Park

BAI Xiao - rui, TANG Jing - chun, WANG Min, WANG Ru - gang

(Nankai University, Key laboratory of Pollution Processes and Environmental Criteria of  
Ministry of Education, Tianjin 300071 China)

**Abstract:** This paper has established wastewater quality evaluation indexes of industrial park based on the integration of production condition and wastewater discharge standards. With the help of fuzzy comprehensive evaluation method, the degree of membership that wastewater quality attach to a sort of discharge level can be calculated. The evaluation results represent the situation of wastewater discharge standard, which contribute to be better to carry out environmental supervision and rectification measures.

**Key words:** fuzzy comprehensive evaluation; wastewater quality; correlation analysis; chemical industrial park

# 影响水中高锰酸盐指数准确检测的因素

何 阳

(泰兴市环境监测站, 江苏 泰兴 225400)

**摘 要:** 由于高锰酸盐指数测定的影响因素较多, 其结果随机变化也较大, 通过查阅大量文献, 汇总细化操作过程, 试图减少实验环节各因素对结果的影响, 提高质控效果。

**关键词:** 高锰酸盐指数; 影响因素; 质量控制

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0090-02

高锰酸盐指数是指在酸性或碱性介质中以高锰酸钾为氧化剂, 处理水样时所消耗的量。它是衡量水质受有机污染物和还原性无机物质污染程度的一项重要指标。在水质常规监测分析过程中, 它是较难准确检测的项目之一。因此, 在测定时必须严格遵守操作规程, 使监测结果具有准确性、可比性。

实际工作中发现, 影响高锰酸盐指数准确性的重要因素有: 高锰酸钾溶液浓度、水浴加热时间、滴定速度及时间、空白值(蒸馏水存放时间)、样品酸度等。

## 1 高锰酸钾浓度

### 1.1 高锰酸钾溶液的配制

(1) 配制 0.1mol/L 高锰酸钾溶液 1000ml, 理论需要量为 3.161g 高锰酸钾。通常在配制过程中高锰酸钾的称取量应稍多于理论量。GB11892-89 方法中称取 3.2g, 主要是防止高锰酸钾溶液在加热过程中, 高锰酸钾试剂本身含有的少量杂质以及蒸馏水中含有的微量的还原性物质对高锰酸钾的消耗, 从而降低高锰酸钾溶液的浓度。

(2) 将 1.2L 高锰酸钾溶液于沸水浴中加热至体积减少到 1L, 使溶液中存在的还原性物质充分氧化。放置过夜后, 溶液底部有少量沉淀析出, 这是  $MnO(OH)_2$  沉淀, 可用 G3 玻璃砂芯漏斗过滤, 但不宜用滤纸过滤。

(3) 将配制好的浓高锰酸钾溶液贮于棕色玻璃瓶中, 放置暗处, 避免高锰酸钾见光分解。

### 1.2 高锰酸钾溶液的标定

#### 1.2.1 高锰酸钾溶液的标定

为进一步确定高锰酸钾溶液的准确浓度, 还需

进行标定。标定高锰酸钾溶液的基准物质是草酸钠, 标定过程中应控制好高锰酸钾溶液的滴定速度。由于反应中, 生成物  $Mn^{2+}$  起到催化剂作用, 所以反应刚开始, 高锰酸钾褪色较慢, 而后随着  $Mn^{2+}$  的大量产生, 反应速度逐渐加快。因此, 高锰酸钾溶液的滴定速度在开始时不宜过快, 否则所加高锰酸钾来不及与草酸根反应, 即在酸性溶液中发生分解, 从而影响标定的准确度。

为检测方便, 将标定好的高锰酸钾溶液用蒸馏水稀释成略低于 0.01mol/L 的溶液。此溶液只宜短期使用, 不宜长期贮存。

#### 1.2.2 校正系数 K

0.01mol/L 高锰酸钾溶液的校正系数 K, 太高或太低均影响测定结果的准确度。太高, 结果偏高, 产生正误差; 反之, 产生负误差。其最佳值应略 < 1, 即所配制高锰酸钾溶液的质量浓度应略低于 0.01mol/L, 否则取 100ml 蒸馏水滴定空白值时, 加入 10.00ml 高锰酸钾溶液后, 再加 0.0100mol/L 草酸钠溶液 10.00ml 时, 就不能全部褪去高锰酸钾的红色, 增加了操作步骤。

## 2 滴定速度和滴定时间的控制

一般的滴定试验, 滴定速度随着滴定终点的临近要逐渐放慢。但是由于在热的酸性介质中, 高锰酸根被还原成锰离子的反应速度要快于其与草酸根反应的速度, 因而如果滴定初期速度过快会使结果偏低。所以滴定时应该采取先慢后快再慢的步骤。又由于高锰酸盐指数滴定的溶液温度要求在 60~80℃, 这样对滴定时间需要进行控制, 以防止滴定时间过长导致整个溶液体系温度降低幅度太大, 影响测定结果。实验结果表明, 滴定要趁热进行, 时间最好控制在自加热至结束 7min 以内为宜。否则溶液温度变低, 需适当加热。

收稿日期: 2010-12-20

作者简介: 何阳 (1964-), 男, 学士, 工程师, 长期从事环境监测工作。

### 3 加热反应的温度

众所周知,不同海拔的地区,水的沸点不同,其氧化反应的温度也就不同。用自配理论值为4.00mg/L标准溶液进行验证,试验表明,三角烧瓶中被加热溶液的温度略低于水浴的温度1~2℃,在沸水浴或者水浴温度92℃和95℃时,消解样品,已满足氧化反应所需条件,只要反应时间足够,完全不影响分析结果的准确性。

### 4 加热反应的时间

把加好试剂的三角烧瓶放入沸水浴中开始计时,反应体系与水浴温度达到平衡时间约需4min。实验表明:加热时间不能少于35min,否则结果偏低。操作方法规定:加好试剂后立即放入沸水浴中加热,但若未立即加热时情况会怎样,同样用4.00mg/L标准溶液实验:加好试剂后,室温放置1h(冷消解),然后再放入沸水浴中按要求加热,仍能得到满意的分析结果。

### 5 滴定终点

用高锰酸钾溶液滴定至终点后,溶液出现的粉红色不能持久,这是因为空气中的还原性气体和灰尘都能与 $MnO^{-4}$ 缓慢地作用,使 $MnO^{-4}$ 还原,故溶液的粉红色会逐渐消失。所以,滴定时,溶液出现的粉红色在0.5~1min内不褪色,就可以认为已

经到达滴定终点。有些人员操作时发现粉红色褪去,以为还未到终点,继续往下滴,滴定至再次出现粉红色,这时高锰酸钾溶液已经过量,造成结果偏高,产生正误差。

### 6 结语

目前,虽然国内就高锰酸指数测定影响因素做了很多研究,对实际工作有一定的指导作用,但是由于各地实验室的条件不同以及操作人员之间的个体差异,仍可能使结果有所不同,因此需要实验操作人员平时不仅要注意参考同行的研究成果和经验,还要注意摸索本实验室条件下的最佳实验条件。本文汇总整理了近几年来国内同行的研究进展,并结合自己的工作体会,试图归纳一个较完整细致的操作方案,希望能对日常工作的开展起到一定的参考作用。

#### 参考文献:

- [1] 林晶,郭洁.准确测定高锰酸盐指数应该注意的问题[J].中国科技信息,2005,(19).
- [2] 张媛华.高锰酸盐指数测定过程中的几个重要环节[J].云南环境科学,2004,(23).
- [3] 王廷龙.如何提高高锰酸盐指数测定的精确度[J].中国科技信息,2005,(19).
- [4] 刘云飞,宋传中.影响高锰酸盐指数测定的三个主要因素[J].环境保护科学,2003,(29).

## Factors Affecting Detection of Water Permanganate Index Accurately

HE Yang

(Taixing Environmental Monitoring Station, Taixing Jiangsu 225400 China)

**Abstract:** There are many factors on determination of permanganate index and the results changes a lot randomly. The detection process were summarized and refined by referring a large number of papers in order to avoid the impacts from various factors during the experimental part and improve quality control.

**Key words:** permanganate; index factor; quality control

# 测定总氮的影响因素探讨

殷丽萍

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 针对测定总氮过程中空白值偏高的问题, 重点分析了实验环境、实验用水、试剂、玻璃器皿、消解过程等因素对空白值的影响, 并提出减少空白值偏高的相应对策。

**关键词:** 总氮; 空白值; 影响因素; 对策

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0092-02

水中总氮项目的测定常采用 GB11894-89《碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》。采用这种方法的优点是步骤相对简单, 所需试剂较少, 要求使用的仪器设备一般实验室都具备。但是该方法对空白值的要求非常严格, 其所需试剂中的过硫酸钾、氢氧化钠本身都含有一定量的氮, 容易造成实验空白值偏高。要做好总氮的空白值测定, 一定要把控好实验室环境条件、实验用水、试剂、玻璃器皿、蒸气灭菌器的压力、消解过程等影响因素。

## 1 方法原理

在 60℃ 以上的水溶液中, 过硫酸钾分解产生硫酸氢钾和原子态氧, 硫酸氢钾在溶液中离解产生氢离子, 故在氢氧化钠的碱性介质中可促使分解过程趋于完全。分解出的溶液中原子态氧在 120 ~ 124℃ 的碱性介质条件下, 用过硫酸钾作氧化剂, 可以将水样中的氨氮和亚硝酸盐氮及大部分有机氮化合物氧化为硝酸盐。

## 2 影响空白值偏高的因素

### 2.1 实验环境

总氮的分析应在无氮的实验室环境中进行, 室内不应含有扬尘、石油类、硝酸及其它的含氮化合物, 绝对不能在分析氨氮等氮类项目的实验室中做总氮项目的分析, 所使用的试剂、玻璃器皿等也要单独存放, 避免交叉污染, 影响空白值。

### 2.2 实验用水

实验过程对水的要求非常严格, 普通的蒸馏水往往达不到实验要求。这时需再做二次加工以得到无氨水。在通常情况下, 多数实验室采用新烧蒸馏水或去离子水。这也是造成空白值偏高的主要原因。

### 2.3 试剂的选择、配制、存放

试剂的选择。测定总氮的过程中, 过硫酸钾是至关重要的试剂。首先, 试剂的纯度关系到空白值的高低、测定结果的准确度。一般分析纯的过硫酸钾, 规定的含氮量 < 0.0005%, 但由于试剂质量存在差异, 有些厂家、批次的试剂含氮量常常达不到这个要求, 致使空白值偏高。另外, 分析纯氢氧化钠的氮化合物含量虽然大大低于过硫酸钾的含氮量, 但也要仔细选择。建议使用优级纯或基准试剂, 尽量降低试剂中的含氮量, 从而降低实验空白值。

试剂的配制。碱性过硫酸钾的配制过程十分重要, 掌握不好会影响消解效果, 对测定结果产生一定的影响。GB11894-89 中关于碱性过硫酸钾的配制, 只是简单地将过硫酸钾和氢氧化钠溶于水中, 并未作其它要求。过硫酸钾的溶解速度非常慢, 若要加快溶解, 最好采用水浴加热法, 且水浴温度一定要低于 60℃, 否则过硫酸钾会分解失效。配制该溶液时, 可分别称取过硫酸钾和氢氧化钠, 两者分开配制, 再混合定容, 或者先配制氢氧化钠溶液, 待其温度降到室温后再加入过硫酸钾溶解。若二者在一只烧杯中溶于水, 应缓慢加水, 同时搅拌, 防止氢氧化钠放热使溶液温度过高引起局部过硫酸钾失效。碱性过硫酸钾最好现用现配。

试剂的存放。氢氧化钠容易吸收空气中的水分, 使用过程中要及时盖好瓶盖, 称量时动作要快, 防止吸收空气中的水分影响称量的准确度; 过硫酸钾应避免与还原性物质、硫、磷等混合存放, 而且由于过硫酸钾易吸潮, 放出氧气, 为防止失效, 要将其放在干燥的试剂柜中。

### 2.4 玻璃器皿的洗涤

所使用的玻璃器皿应先用 (1 + 9) 盐酸浸泡后, 再用无氨水或是蒸馏水冲洗数次才能使用, 否

则也会造成空白值偏高或平行性较差的情况。

## 2.5 消解温度、压力的控制

对于使用医用手提蒸气灭菌器的实验室,因测定压力为 $1.1 \sim 1.3 \text{ kg/cm}^2$ ,温度为 $120^\circ\text{C} \sim 124^\circ\text{C}$ ,可以安装一个稳压器,将压力控制在该范围,这样就省去了通过人为切断电源控制的麻烦,稳定且省力。使用自动装置蒸气灭菌器的实验室,消解时,达到规定温度压力后应当先放气使压力表指针回零,再次达到规定温度压力后再计时。或者直接打开放气阀加热一段时间,待蒸气灭菌器内的冷空气被彻底赶走、放出热蒸气后再关闭放气阀消解,并且将消解温度控制在 $123^\circ\text{C}$ ,这样测定结果最为理想。

## 2.6 比色时的注意事项

该项目的测定涉及两个波长( $220\text{nm}$ 和 $275\text{nm}$ ),有条件的实验室可采用双光路紫外分光光度计,其优点是方便快捷、可以避免反复调整波长产生测量误差,皿间误差也能自动修正。如果没有双光路紫外分光光度计,建议在测定完一组样品的同一波长后,再调整到另一波长,统一测定,不要测完一个样品的两个吸光度后再换另一个样品,这样反复调整波长会引起一定的测量误差。

## 3 减少空白值的对策

(1) 选择相对固定和洁净的实验室,最好在无氨的实验室环境中进行总氮测定;

(2) 按照检测标准(方法)和规范要求,配制溶液时,最好使用无氨水;

(3) 对于过硫酸钾,尽量选择优级纯试剂或是一些生产规模大、比较规范的生产厂家生产的试剂;

(4) 配制碱性过硫酸钾,过硫酸钾和氢氧化钠最好分开配制,溶解过硫酸钾最好采用水浴加热,控制温度在 $60^\circ\text{C}$ 以下;

(5) 玻璃器皿选用(1+9)盐酸溶液浸泡后(禁止使用硝酸溶液浸泡),用无氨水多次冲洗,凉干后盖好瓶塞放到清洁的柜中;

(6) 消解过程中,注意温度、压力的控制,可以适当延长消解时间,温度最好选择在 $123^\circ\text{C}$ ;

(7) 若实验的空白值不够理想,则需要对实验用水及试剂进行检验,以选择出含氮量最低的水和试剂,获得理想的空白值。①水的检验。将所有待选的实验用水分别装入石英比色皿中,分别在 $220\text{nm}$ 和 $275\text{nm}$ 波长处测其吸光度,按 $A_{220} \sim 2A_{275}$ 对吸光度进行修正,以修正后吸光度值最小的水为实验用水。②试剂的检验。将所有待检的过硫酸钾、氢氧化钠按其在实验时消解定容后的溶液中的含量分别配成相应浓度的溶液,以此溶液作为样品,分别测定其氨氮、硝酸盐氮的吸光度,选择其吸光度最低者即可,若有必要,也可进一步计算其氮含量。建议参考《水和废水监测分析方法》第四版中提到的紫外分光光度法,操作会更简便。

### 参考文献:

- [1] 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法(第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

# Discussion on Influencing Factors about Determination of Total Nitrogen

YIN Li - ping

(Yunnan Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

**Abstract:** Aiming at the problem of high blank value from the detection process of total nitrogen, the factors from test environment, water used, reagents, glass vessel, digestion process and so on were analyzed carefully. In the end, the measures on avoiding the high blank value in the experiment were put forward.

**Key words:** total nitrogen; blank value; factor; countermeasure

# 快速消解分光光度法测定化学需氧量

郭英

(昆明市官渡区环境保护监测站, 云南 昆明 650200)

**摘要:** 采用快速消解分光光度法测定水样中的 COD, 操作简单、测定快速、结果准确。与经典的重铬酸盐法相比, 测定结果具有较好的比对性; 试验过程试剂用量小, 减少了银盐、汞盐、铬盐带来的二次污染问题; 消解过程短, 能有效降低能耗。

**关键词:** COD 测定; 快速消解分光光度法; 比对

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0094-03

化学需氧量 (COD) 是指在一定条件下, 经重铬酸钾氧化处理, 水样中的溶解性物质和悬浮物所消耗的重铬酸钾相对应的氧的质量浓度, 1mol 重铬酸钾 ( $1/6K_2Cr_2O_7$ ) 相当于 1mol 氧 ( $1/2O$ )。化学需氧量反映了水中受还原性物质污染的程度, 水中还原性物质包括有机物、亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等。水被有机物污染是很普遍的, 因此化学需氧量也作为有机物相对含量的一个指标, 同时也是我国实施总量控制的指标之一。

化学需氧量目前较为常用的测定方法有重铬酸盐法、快速消解分光光度法。重铬酸盐法测定 COD 虽然比较经典, 但操作步骤较繁琐, 分析时间长, 能耗高。采用 HJ/T399-2007《水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法》测定 COD 操作简单、测定快速、结果准确, 测定值与重铬酸盐法相比具有较好的比对性。因试剂用量小, 能减少银盐、汞盐、铬盐带来的二次污染问题, 比较适合水和废水中 COD 的测定。

## 1 试验部分

### 1.1 方法原理

试样中加入已知量的重铬酸钾溶液, 在强硫酸介质中, 以硫酸银作为催化剂, 经高温消解后, 用分光光度法测定 COD 值。

当试样中 COD 值为  $100\text{mg/L} \sim 1000\text{mg/L}$ , 在  $600\text{nm} \pm 20\text{nm}$  波长处测定重铬酸钾被还原产生的三价铬 ( $Cr^{3+}$ ) 的吸光度, 试样中 COD 值与三价铬 ( $Cr^{3+}$ ) 的吸光度的增加值成正比例关系, 将三价铬 ( $Cr^{3+}$ ) 的吸光度换算成试样的 COD 值。

当试样中 COD 值为  $15\text{mg/L} \sim 250\text{mg/L}$ , 在  $440\text{nm} \pm 20\text{nm}$  波长处测定重铬酸钾未被还原的六价铬

( $Cr^{6+}$ ) 和被还原产生的三价铬 ( $Cr^{3+}$ ) 的两种铬离子的总吸光度。试样中 COD 值与六价铬 ( $Cr^{6+}$ ) 的吸光度减少值成正比例, 与三价铬 ( $Cr^{3+}$ ) 的吸光度增加值成正比例关系, 与总吸光度减少值成正比例, 将总吸光度值换算成试样的 COD 值。

### 1.2 主要试剂及仪器

药品: 重铬酸钾, 优级纯; 邻苯二甲酸氢钾, 优级纯; 硫酸, 优级纯; 硫酸银, 分析纯; 硫酸汞, 分析纯;

试剂:  $0.500\text{mol/L}$ 、 $0.120\text{mol/L}$  重铬酸钾标准溶液; COD 值为  $5000\text{mg/L}$ 、 $625\text{mg/L}$  的邻苯二甲酸氢钾标准溶液;  $1+9$  硫酸溶液;  $10\text{g/L}$  硫酸银-硫酸溶液;  $0.24\text{g/ml}$  硫酸汞溶液 (溶于  $1+9$  的硫酸溶液中)。

仪器: 消解管, 美国哈西 (HACH) 公司生产; COD 反应器, 美国哈西 (HACH) 公司生产; COD 分光光度计, 美国哈西 (HACH) 公司生产。

### 1.3 试验过程

#### 1.3.1 预装混合试剂及方法

打开密封消解管的盖子, 在消解管中按表 1 的要求加入重铬酸钾溶液、硫酸汞溶液及硫酸银-硫酸溶液, 拧紧盖子, 轻轻摇匀, 冷却至室温, 避光保存。使用前应将混合试剂摇匀 (如配置不含汞的预装混合试剂, 用  $1+9$  硫酸溶液代替硫酸汞溶液即可)。

#### 1.3.2 试样测定过程

打开 COD 反应器 (加热器), 预热到  $165^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。初步估计水样的 COD 值, 选用对应量程的预装混合试剂, 向消解管中加入  $2.00\text{ml}$  摇匀水样 (浓度高时, 适当稀释。被稀释水样  $< 10\text{ml}$ , 稀释倍数  $< 10$  倍, 高浓度水样可逐次稀释)。将消解管放入加热器的加热孔中在  $165 \pm 2^\circ\text{C}$  加热消解



15min, 待消解管冷却至 60℃ 左右时, 颠倒摇动消解管几次, 使消解管内溶液均匀。用无毛纸擦净外壁, 静置, 冷却至室温。在 COD 分光光度计上, 用水调零后扣除空白试验吸光度值或用空白试验消解管调零后直接读出吸光度值。高量程的测量波长为  $600 \pm 20\text{nm}$ , 检出限为  $33\text{mg/L}$ ; 低量程的测量波长为  $420 \pm 20\text{nm}$ , 检出限为  $2.3\text{mg/L}$  (仪器能自动将吸光度代入相应曲线后计算出浓度值)。

表 1 预装混合试剂及要求

测定范围 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	重铬酸钾 溶液用量	硫酸汞溶 液用量/ml	硫酸银-硫酸 溶液用量/ml
高量程 100~1000	0.500mol·L <sup>-1</sup> 的 重铬酸钾溶液 1.00ml	0.50	4.00
低量程 15~150	0.120mol·L <sup>-1</sup> 的 重铬酸钾溶液 1.00ml	0.50	4.00

### 1.3.3 校准曲线的绘制

表 2 校准曲线绘制表

高量程	COD 浓度值/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	100	200	400	600	800	1000	$C = 3075.2A + 3.55$
	吸光度	0.000	0.030	0.062	0.129	0.198	0.259	0.322	$r = 0.9998$
低量程	COD 浓度值/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	25	50	75	100	125	150	$C = -302.74A - 0.166$
	吸光度	0.000	-0.083	-0.164	-0.251	-0.333	-0.412	-0.495	$r = -0.99995$

### 1.3.4 结果计算

$$\rho(\text{COD}) = n [k (A_s - A_b) + a]$$

式中:

$\rho(\text{COD})$ —水样 COD 值,  $\text{mg/L}$ ;

$n$ —水样稀释倍数;

$k$ —校准曲线灵敏度,  $(\text{mg/L})/\text{L}$ ;

$A_s$ —试样测定的吸光度值;

$A_b$ —空白试验测定的吸光度值;

$a$ —校准曲线截距,  $\text{mg/L}$ 。

### 1.3.5 与重铬酸盐法的比对试验

#### (1) 标准样品的比对试验

用快速消解分光光度法和重铬酸盐法对浓度保证值为  $121 \pm 6\text{mg/L}$ 、 $148 \pm 7\text{mg/L}$  的标准样品进行测定, 测定结果准确可靠, 具有较好的比对性, 测定结果见表 3。

表 3 标准样品测定结果表

标样 浓度 保证值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	快速消解分 光光度法测 定结果均值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	相对误 差/%	重铬酸盐 法测定结 果均值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	相对误 差/%	两种方法 测定结 果相对 偏差/%
121 ± 6	119	-1.7	120	-0.83	0.42
148 ± 7	150	1.4	151	2.0	0.33

### (1) 高量程校准曲线的绘制

用 COD 值为  $5000\text{mg/L}$  邻苯二甲酸氢钾标准溶液分别稀释后配制 COD 浓度值为  $100\text{mg/L}$ 、 $200\text{mg/L}$ 、 $400\text{mg/L}$ 、 $600\text{mg/L}$ 、 $800\text{mg/L}$ 、 $1000\text{mg/L}$  的浓度系列, 将标准溶液代替水样, 按试样测定方法进行测量, 得到相应的吸光度值。以标准系列 COD 值对应其扣除空白试验后的吸光度值, 绘制校准曲线, 校准曲线绘制见表 2。

### (2) 低量程校准曲线的绘制

用 COD 值为  $625\text{mg/L}$  邻苯二甲酸氢钾标准溶液分别稀释后配制 COD 浓度值为  $25\text{mg/L}$ 、 $50\text{mg/L}$ 、 $75\text{mg/L}$ 、 $100\text{mg/L}$ 、 $125\text{mg/L}$ 、 $150\text{mg/L}$  的浓度系列, 将标准溶液代替水样, 按试样测定方法进行测量, 得到相应的吸光度值。以标准系列 COD 值对应其扣除空白试验后的吸光度值, 绘制校准曲线, 校准曲线绘制见表 2。

### (2) 一般样品的比对试验

2009、2010 年经对不同类型污染源废水、地表水分别用快速消解分光光度法、重铬酸盐法进行测定, 近 100 组数据证明两种方法测定结果具有较好的比对性。

### 1.3.6 注意事项

(1) 分析悬浮物较多的水样, 因取样体积小, 应尽量将水样摇匀或用搅拌机将水样混匀后再取样测定。

(2) 加标回收率测定时, 加标的体积宜在  $0.5\text{ml}$  以内, 尽量减小加标体积对测定总体积的影响。

(3) 消解管既在消解过程使用, 又在比色过程使用, 应无任何破损和擦痕。同一批消解管中加入  $5\text{ml}$  水, 在选定波长处测其吸光度, 吸光度差值应在  $\pm 0.005$  之内。

## 2 结论

采用快速消解分光光度法测定水样中的 COD, 操作简单、测定快速、结果准确。与经典的重铬酸盐法相比, 测定结果具有较好的比对性; 试验过程试剂用量小, 减少了银盐、汞盐、铬盐带来的二次污染问题; 消解过程短, 有效降低能耗。快速消解

分光光度法是目前测定 COD 较好的方法, 比较适合水和废水中 COD 的测定。

参考文献:

[1] HJ/T399-2007, 水质化学需氧量的测定快速消解分光光度法 [S].

[2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第4版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[3] 陈玲, 赵建夫. 环境监测 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

## COD Detection with Rapid Digested Spectrophotometry Method

GUO Ying

(Guandu District Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650200 China)

**Abstract:** The rapid digested spectrophotometry method applied to detect COD in the water is simple and fast with accurate result by comparing with typical dichromate method. The first method use less reagents and avoid the secondary pollution from silver salt and mercuric salt and chromium salt with short digestion time which reduce the energy.

**Key words:** COD detection; rapid digested spectrophotometry method; compare

(上接第 73 页)

## Improvement of Exhaust Treatment System of Coarse Whiting Device with Slurry Process Method

YU Guo-bin

(Furui Branch Company of Yunnan Yuntianhua International Chemical Co., Ltd, Anning Yunnan 650309 China)

**Abstract:** The analysis on real situation and existing problems of exhaust treatment system of coarse whiting device with slurry process method was conducted to find out the problems - solving ways. A new treatment system was built to realize energy saving and discharge reduction by improving the material balance and balance between wind volume and wind pressure based on the real operation parameter and monitoring data. Finally, venturi scrubber and tube - type scrubber and swirl washing tower were applied to implementing three times washing to ensure the exhaust to reach the national standard.

**Key words:** coarse whiting device with slurry process method; exhaust treatment; technology improvement; environmental protection

# 流动注射仪测定水中硫化物方法探讨

孔桂芬<sup>1</sup>, 孙燕利<sup>1</sup>, 张俊<sup>2</sup>

(1. 云南省水文水资源局, 云南昆明 650106; 2. 云南省计量测试技术研究院, 云南昆明 650228)

**摘要:** 采用德国布朗卢比 AA3 型流动注射分析仪测定水中硫化物, 通过在线处理释放出  $H_2S$  气体, 在酸性介质中与对氨基二甲基苯胺和三氯化铁反应, 生成亚甲蓝染料, 于 660nm 处比色测定。方法检出限为 0.004mg/L, 标准曲线有很好的稳定性, 灵敏度大大提高, 精密度和准确度较好, 操作简便易行, 能满足大批量水样以及应急监测及时准确分析的需求。

**关键词:** 流动注射仪; 在线分析; 水中硫化物

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 02-0097-04

无机化学中硫化物指电正性较强的金属或非金属与硫形成的一类化合物, 大多数金属硫化物都可看作氢硫酸的盐。由于氢硫酸是二元弱酸, 因此硫化物可分为酸式盐 ( $HS^-$ , 氢硫化物)、正盐 ( $S^{2-}$ ) 和多硫化物 ( $S_n^{2-}$ ) 三类。有机化学中, 硫化物 (英文 Sulfide) 指含有二价硫的有机化合物。根据具体情况的不同, 有机硫化物包括硫醚 ( $R-S-R$ )、硫酚/硫醇 ( $Ar/R-SH$ )、硫代羧酸 ( $R-CSH$ ) 和二硫化物 ( $R-S-S-R$ ) 等。地下水及工业废水、生活污水通常含有硫化物, 水中硫化物包括溶解性的  $H_2S$ 、 $S^{2-}$ 、 $HS^-$ , 存在于悬浮物中的可溶性硫化物、酸可溶性金属硫化物以及未电离的有机、无机类硫化物。 $H_2S$  易从水中逸散于空气, 产生臭味, 且毒性很大, 它可与人体细胞色素、氧化酶及该类物质中的二硫键 ( $-S-S-$ ) 作用, 影响细胞氧化过程, 易造成细胞组织缺氧, 甚至危及生命; 它还腐蚀金属设备及管道, 并可被微生物氧化成硫酸, 加剧腐蚀性。因此水中硫化物的测定在水环境监测中有着十分重要的意义。

测定硫化物的方法通常有亚甲蓝分光光度法、碘量滴定法、电极电位法、毛细管电泳法、离子色谱法、比浊法、库仑法。这些操作较为繁杂, 反应时间难以控制, 常会出现空白值偏高、工作曲线不稳、精密度不好等问题, 且分析者长期直接接触化学试剂, 易造成职业危害。使用流动注射仪分析检测, 通过在线处理, 可实现全程自动化, 有机掌控反应时间, 优化实验条件, 并且测量精确、稳定性高、大大简化分析作业的强度, 能满足大批量水样以及应急监测及时准确分析的需求。德国布朗卢比

的 AA3 连续流动注射仪是采用并流技术, 通过泵管定量吸取各种试剂与样品, 按照确定的比例关系, 发生显色反应, 然后自动进入光度计进行比色, 再由工作软件将数字信号转换成图形和数据, 直接读取。本文基于硫离子与对氨基二甲基苯胺 ( $N, N$ -二甲基-p-苯二胺) 在含高铁离子的酸性溶液中生成亚甲蓝染料, 在波长 660nm 处进行吸光度测定, 其蓝色与水样中硫离子含量成正比。

## 1 方法提要

本方法适用于硫化物含量  $< 6\text{mg/L}$  的水和废水的测定。

本方法最低检出浓度为 0.004mg/L, 分析速度 30 次/h,  $S^{2-}$  质量浓度在 0.004 ~ 5.8mg/L, 与吸光度 A 具有良好的线性关系, 方法直接测定地表水中硫化物获得满意的测定效果, 回收率 98.2% ~ 107%。

由于硫离子很容易氧化, 硫化氢易从水样中逸出, 因此在采样时应防止曝气, 并加入一定量的氢氧化钠, 使呈碱性。通常 100ml 水样加入 1ml 1mol/L 的氢氧化钠。

## 2 仪器设备

常用实验设备为德国布朗卢比 AA3 型流动注射仪。

## 3 试剂

本方法所用试剂均为分析纯及以上等级试剂, 实验用水为去离子水。

曲拉通 (1+1): 添加 50ml 乙醇到 50ml 曲拉通 (X-100) 中并混匀。

曲拉通水溶液 (1%) : 添加 1ml 曲拉通 (1+1) 到 1000ml 去离子水中并混匀。

盐酸溶液 (2%)：小心添加 20ml 浓盐酸 ( $\rho = 1.19\text{g/ml}$ ) 到大约 700ml 去离子水中，稀释到 1000ml，加入 1ml 曲拉通 (1 + 1) 试剂并充分混匀，稳定直到溶液不再澄清。

进样器清洗溶液：去离子水。

N, N - 二甲基 - p - 苯二胺 (1.8%)：小心添加 150ml 浓盐酸 ( $\rho = 1.19\text{g/ml}$ ) 到大约 700ml 去离子水中，加入 1.80g N, N - 二甲基 - p - 苯二胺二盐酸并溶解，用去离子水稀释到 1000ml，加入 1ml 曲拉通 (1 + 1) 试剂，充分混匀。

氯化铁 (3%)：小心添加 100ml 盐酸到大约 700ml 去离子水中，加入 3.00g 氯化铁并溶解，用去离子水稀释到 1000ml，加入 1ml 曲拉通 (1 + 1) 试剂并充分混匀，稳定直到溶液不再澄清。

硫化钠标准使用溶液 (5mg/L)：吸取一定量的标准硫化钠溶液，用水稀释成 1.00ml 含 5.00 $\mu\text{g}$  硫化物 ( $\text{S}^{2-}$ )，临用现配。

#### 4 操作程序

(1) 检查蠕动泵两侧导轨是否安装正确，泵管卡块是否安装到位，管路及电源线、数据传输线

是否连接正确，顺序打开各部件 (进样器、蠕动泵、化学分析模块、检测器、电脑) 电源。

(2) 将试剂管路置入相应的试剂瓶，将所有其他管路置入去离子水并开启蠕动泵。在运行标准和样品之前，开启系统 15min 左右以稳定。

(3) 待测定完毕，将所有试剂管路置入去离子水冲洗 20min 左右。定期在所有试剂管路泵入 0.1M NaOH 溶液以清洁模块。管路清洁干净后把所有试剂管置于空气中，排干水份。关闭泵电源，取下泵的压盖，放松泵管，把压盖倒扣在泵上。

(4) 关闭所有电源，滤光片用原包装袋包好放入干燥器皿中，防止其在潮湿空气中光学老化。

### 5 结果与讨论

#### 5.1 工作曲线的线性

选用流动注射仪调试的检测条件，根据通常水样的实际情况，对配制范围 0.10 ~ 1.00mg/L 浓度硫化物的标准曲线进行测定，流动注射仪自动生成谱图，峰高与硫化物的质量浓度 (mg/L) 具有良好的线性关系如图 1、图 2 所示。

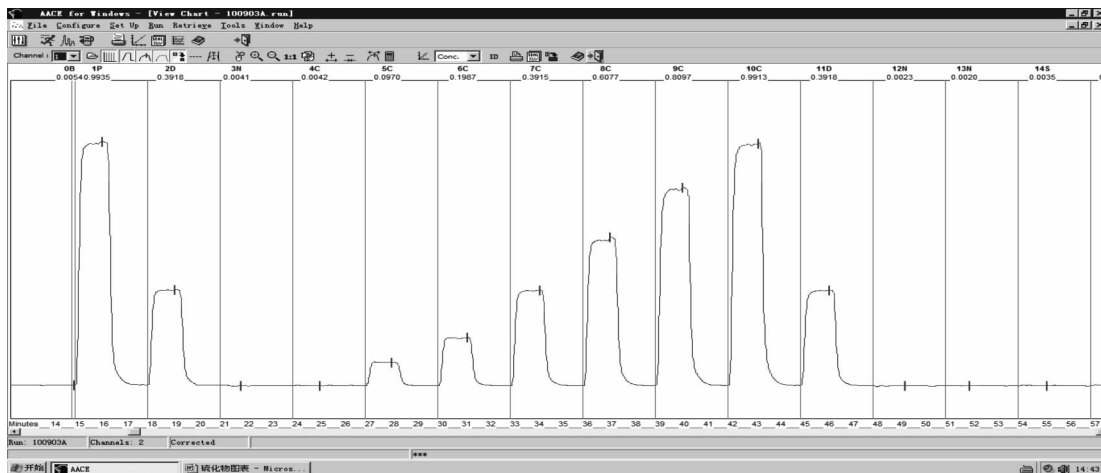


图1 硫化物标准曲线谱图

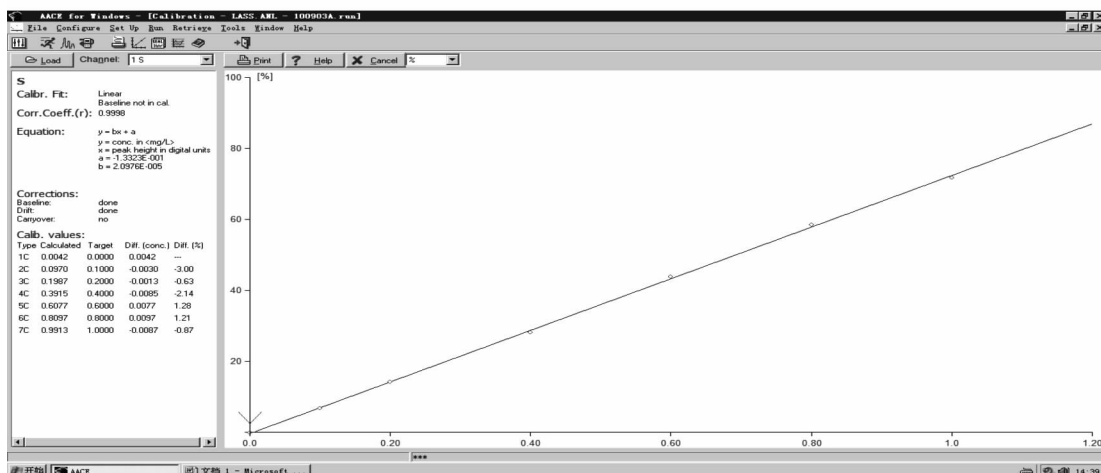


图2 硫化物标准曲线

从表 1 可以看出,德国布朗卢比 AA3 型流动注射仪测定水中硫化物可以获得很好的标准曲线,灵敏度与传统方法相比有很大的提高,并且具有良好的稳定性。如遇应急监测,可以调用已有的工作曲线直接进行水样的定量监测。

表 1 硫化物标准曲线试验结果

序号	分析时间	标准曲线	相关系数 (r)
1	2010.4.7	$y = 1.9416E - 005x - 1.0996E - 001$	0.9998
2	2010.4.8	$y = 2.0874E - 005x - 1.3512E - 001$	0.9998
3	2010.5.7	$y = 2.1616E - 005x - 1.4214E - 001$	0.9999
4	2010.6.3	$y = 2.0784E - 005x - 1.5018E - 001$	0.9999
5	2010.7.3	$y = 2.1715E - 005x - 1.4086E - 001$	0.9999
6	2010.8.5	$y = 2.1989E - 005x - 1.2083E - 001$	0.9992
7	2010.9.3	$y = 2.0976E - 005x - 1.3323E - 001$	0.9998
标准曲线斜率总体标准偏差 (RSD%)			7.98

## 5.2 方法最低检出限

美国 EPA SW - 846 中规定,方法的最低检出限可以根据计算公式:  $MDL = t \times S$  (式中  $t = 3.14$  (7次),  $S$  为 7 次测定的标准偏差) 统计获得。其中使用 0.10mg/L 的标准样品作为参考进行最低检出限的测定。测定结果如下: 0.096、0.097、0.095、0.098、0.096、0.095、0.098 (mg/L), 标准偏差  $S$  为 0.00127, 则  $MDL = 3.14 \times 0.00127 = 0.004$  (mg/L)。

## 5.3 准确度和精密度

准确度是用一个特定的分析程序所获得的分析结果(重复测定的均值)与假定的或公认的真值之间符合程度的度量,反映分析方法或测量系统存在的系统误差和随机误差两者的综合指标。本文采用常见而又方便的加标回收率来评价 AA3 流动注射仪测定水中硫化物的准确度,即通过在样品中加入标准物质,测定其回收率。多次回收试验还可发现方法的系统误差。用 3 个不同本底浓度的水样进行不同加标量的测定,其回收率为 98.2% ~ 107%, 获得较好的准确度。试验结果详见表 2。

精密度是用一特定的分析程序在受控条件下重复分析均一样品所得测定值的一致程度,反映分析方法或测量系统存在的随机误差的大小。本文采用在数理统计中属于无偏估计统计量的标准偏差来评价 AA3 流动注射仪测定水中硫化物的精密度。试验用 3 个不同浓度的标准物质及考核盲样进行 7 次重复测量,可以获得很好的重现性。试验结果详见表 3。

表 2 准确度试验试验结果 (n=3)

样品 编号	本底值 /mg · L <sup>-1</sup>	加标 率/%	加标量 /mg · L <sup>-1</sup>	测定均值 ± SD /mg · L <sup>-1</sup>	平均回 收率/%
1#	<0.006	50.0	0.200	0.197 ± 0.0026	107
			0.400	0.394 ± 0.0015	98.2
			0.800	0.806 ± 0.0026	99.2
2#	0.007	12.0	0.200	0.208 ± 0.0025	101
			0.400	0.411 ± 0.0040	102
			0.800	0.815 ± 0.0025	101
3#	0.011	12.0	0.200	0.207 ± 0.0051	98.6
			0.400	0.409 ± 0.0025	99.5
			0.800	0.810 ± 0.0032	104

表 3 精密度试验结果 (n=7) (mg/L)

序号	0.100	0.400	0.800	盲样考核结果 $\mu = 0.714 \pm 0.062$
1	0.096	0.393	0.805	0.684
2	0.097	0.398	0.801	0.708
3	0.095	0.392	0.806	0.710
4	0.098	0.396	0.802	0.707
5	0.096	0.395	0.802	0.709
6	0.095	0.392	0.806	0.733
7	0.098	0.394	0.805	0.731
$\bar{x}$	0.096	0.394	0.804	0.712
s	0.001272	0.002215	0.002116	0.016530
RSD/%	1.32	0.56	0.26	2.32

## 5.4 讨论

(1) 硫化氢气体在空气中易被氧化,因此水样的保存和标准溶液的配制应快速准确,不得延迟。硫化物也会与样品中的氧化剂,如氯,发生氧化反应,产生损失。应首先于每 100ml 样品中加入 1ml 1mol/L 氢氧化钠,使得 pH > 11, 冷却至 4℃, 24h 内尽快进行分析。

(2) 检查所有试剂的量以确保足够的供应,以免在测定过程中带来不必要的麻烦,因为在仪器测定过程中加入试剂可能会产生气泡从而影响测定。

(3) 在仪器运行过程中切忌不要随意移动数字比色计的盖子,以免偏移的光线影响测定结果,可能会造成峰型的不稳定。

(4) 废液管应尽可能短,否则系统压力会产生变化,导致样品量吸入不够,反应不完全,造成结果偏差较大。

(5) 不定期检查泵管的使用状况,及时更换问题泵管;查看泵管压条及海绵,及时补充硅油;切忌泵盖随意乱放,导致泵管寿命缩短。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] GB/T16489-1996, 地表水环境质量标准 [S].
- [3] 本书编委会. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1984.
- [4] 中华人民共和国水利部. 水环境监测规范 [S]. 1998.
- [5] 美国环保局. 水和废水监测标准方法 [S]. EPA-600/R-93-100.

## Study on Detection of Sulfide in the Water by Flow Injection Analysis Instrument

KONG Gui-fen<sup>1</sup>, SUN Yan-li<sup>1</sup>, ZHANG Jun<sup>2</sup>

(1. Yunnan Bureau of Hydrology and Water Resource, Kunming Yunnan 650106 China)

**Abstract:** The flow injection analysis instrument from Bran Luebbe of German was used to monitor the sulfide in the water. The H<sub>2</sub>S gas was released by on-line treatment to react with ferric chloride and p-aminodimethyl aniline to methylthionine chloride which was determined by colorimetric method under 660 nm. The detection limit of this method is 0.004mg/L with stable standard curve and highly improved sensitiveness and excellent accuracy and simple operation which can meet the monitoring requirements of large number of water samples and emergent monitoring.

**Key words:** flow injection analysis instrument; analysis on line; sulfide in the water