

# 环境科学导刊 (双月刊)

HUANJING KEXUE DAOKAN

第 30 卷 第 6 期 总第 135 期

2011 年 12 月 25 日出版

## 目 次

### · 环境管理 ·

- 北美国家的湿地恢复及对中国太湖恢复的启示 ..... 徐琳, 胡锋, 焦加国, 刘满强, 李辉信 (1)
- 浅谈德宏州生物多样性及保护 ..... 岳品成 (6)
- 曲靖市生活垃圾治理市场化中的问题和建议 ..... 马永余 (10)
- 固体废弃物填埋场的安全生产 ..... 张奉才 (14)
- 沾益县农村饮水安全建设经验与建议 ..... 朱知英 (16)
- 云南镇雄县珙桐新分布区及保护对策 ..... 刘婧, 李乡旺 (19)

### · 水环境保护 ·

- 抚仙湖生态服务功能调查与评估 ..... 王林, 章新, 李红梅, 张晶晶, 申太波 (23)
- 泸沽湖水生植被现状 ..... 谭志卫, 董云仙 (26)
- 纳板河流域国家级自然保护区水资源质量分析初探 ..... 黄瑞, 田茂兴 (33)

### · 污染防治 ·

- 大朝山水电站库区污染成因及防治对策 ..... 贾志翔 (37)
- 松华坝水库水源保护区污染现状及整治对策建议 ..... 赵忠琼, 陈红书 (40)
- 浅议工业固体废弃物污染的成因及预防 ..... 邹向荣 (46)
- 曲靖市涉重行业治理现状分析及治理重点探讨 ..... 何芳华 (48)
- 危险废物经营企业的清洁生产审核 ..... 张兴华 (51)

### · 污染治理技术 ·

- 混凝 - Fenton 氧化联合处理含丙烯酸化工废水 ..... 赵静静, 张明, 张伟军 (57)
- 蓝藻藻华规模化清除技术应用研究 ..... 胡明明, 孙阳, 匡民, 孙晓鹏, 李新, 张小龙 (62)

### · 环境评价与监测 ·

- 关于我国自然环境旅游适宜性评价内容的探讨 ..... 裴伶俐, 王洪俊 (65)
- 纳板河保护区生态旅游资源分析与评价 ..... 何彩周, 袁国林, 姜婷 (68)
- 化工企业搬迁场地环境调查实践与思考 ..... 彭晶倩, 李琳, 郑川, 洪卫, 罗泽娇 (71)
- 基于熵权 - 属性识别模型的地表水质量评价 ..... 宫博, 许开立, 李德顺 (74)
- 磷矿开发对星云湖总磷污染影响研究 ..... 金星, 王林, 祁云宽, 刘宇, 陆娅 (78)
- 离子色谱技术在环境监测中的具体应用 ..... 王娟, 李海波 (81)
- 气相色谱法测定氯雷他定原料的残留溶剂 ..... 李萍 (84)
- 水质总磷的现场应急监测 ..... 吴春妍 (87)
- 土壤有机质样品前处理简易油浴锅与 HH - S 型数显恒温油浴锅对比探讨 ..... 杨小珊, 李娅萍, 赵忠琼 (89)
- 原子荧光法测定水中汞的质量控制指标研究 ..... 夏新, 胡正生, 武云霞, 刘燕红, 林兰钰, 彭刚华 (91)
- 酸性法测定高锰酸盐指数原理解析 ..... 张金艳 (94)

《环境科学导刊》发行数字期刊的声明 ..... (5)

《环境科学导刊》征稿简则 ..... (13)

《环境科学导刊》征订启示 ..... (32)

《环境科学导刊》2011 年第 30 卷总目次 ..... ( I )

封面摄影作品:《真正的酷》 ..... 贺彬 摄

期刊基本参数: CN53 - 1205/X \* 1982 \* q \* A4 \* 100 \* zh \* P \* ¥10.0 \* 2000 \* 27 \* 2011 - 12

# ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

( Bimonthly ) Vol. 30 No. 6 2011

## CONTENTS

Wetland restoration in north American and its edification to Chinese Tai lake restoration .....	<i>XU Lin etc.</i>	( 1 )
Brief talk on biodiversity protection in Dehong District .....	<i>YUE Pincheng</i>	( 6 )
Problems and recommendations on marketization of domestic waste treatment in Qujing city .....	<i>MA Yongyu</i>	( 10 )
Safety in production of solid waste landfill site .....	<i>ZHANG Fengcai</i>	( 14 )
Experiences and suggestions on drinking water safe construction in rural areas of Zhanyi county .....	<i>ZHU Zhiying</i>	( 16 )
New distribution and protection measures on <i>Davidia involucreata</i> Baill in Zhenxiang of Yunnan province .....	<i>LIU Jing etc.</i>	( 19 )
Investigation and evaluation of ecological service function of Fuxian lake .....	<i>WANG Lin etc.</i>	( 23 )
Current status of aquatic vegetation in Lugu lake .....	<i>TAN Zhiwei etc.</i>	( 26 )
Preliminary discussion on river water quality analysis in Nabanhe Watershed National Nature Reserve .....	<i>HUANG Rui etc.</i>	( 33 )
Origin analysis and countermeasures of water pollution in reservoir area of Dachaoshan hydropower station .....	<i>JIA Zhixiang</i>	( 37 )
Pollution status and countermeasures in drinking water source area of Songhuaba reservoir .....	<i>ZHAO Zhongqiong etc.</i>	( 40 )
Causes and prevention of industrial solid waste pollution .....	<i>ZOU Xiangrong</i>	( 46 )
Discussion on key points of present treatment analysis for heavy metal related industry in Qujing .....	<i>HE Fanghua</i>	( 48 )
Cleaner production audit of hazardous waste management enterprises .....	<i>ZHANG Xinghua</i>	( 51 )
Treatment of acrylic acid wastewater with combining coagulation and Fenton process .....	<i>ZHAO Jingjing etc.</i>	( 57 )
Research on large - scale removal technology of cyanobacteria bloom .....	<i>HU Mingming etc.</i>	( 62 )
Discussion on suitability assessment content of natural environmental tourism .....	<i>PEI Lingli etc.</i>	( 65 )
Analysis and assessment on resource of ecotourism in Nabanhe nature reserve .....	<i>HE Caizhou etc.</i>	( 68 )
Practice and consideration for environmental investigation of chemical enterprises' relocated sites .....	<i>PENG Jingqian etc.</i>	( 71 )
Assessment of the surface water quality based on entropy weight of attribute recognition model .....	<i>GONG Bo etc.</i>	( 74 )
Study on the influence of phosphorite exploration on the total phosphorus pollution in Xingyun lake .....	<i>JIN Xing etc.</i>	( 78 )
Application of ion chromatography on environmental monitoring .....	<i>WANG Juan etc.</i>	( 81 )
Determination of residual solvents in Loratadine by gas chromatography method .....	<i>LI Ping</i>	( 84 )
Emergent monitoring of total phosphorus of water quality on the spot .....	<i>WU Chunyan</i>	( 87 )
Compare of pretreatment of soil organic matter by simple oil bath pot and HH - S type homiothermal oil bath pot with displayed number .....	<i>YANG Xiaoshan etc.</i>	( 89 )
Study on quality control index of mercury monitoring by atomic fluorescence method .....	<i>XIA Xin etc.</i>	( 91 )
Principal analysis of permanganate index determination by acid method .....	<i>ZHANG Jinyan</i>	( 94 )

# 北美国家的湿地恢复及对中国太湖恢复的启示

徐琳, 胡锋, 焦加国, 刘满强, 李辉信

(南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:**以美国旧金山海湾带和加拿大安大略省沼泽湿地生态恢复为例,探讨了其成功经验,并指出了我国太湖恢复建设主要存在五个方面问题:理论技术体系相对滞后;恢复工程实施系统性缺乏;投融资方式单一化;恢复管理体系不完善;公众参与力度薄弱。据此提出相关建议,力求探索完善我国太湖生态恢复的有效路径。

**关键词:**生态恢复;公众参与;美国旧金山海湾带恢复工程;加拿大安大略省沼泽湿地恢复工程;启示

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 1673-9655 (2011) 06-0001-05

随着工农业的迅猛发展和城市化进程的不断加快,湿地正面临着区域生态环境破坏、自然景观消失、生物多样性减少、生态系统结构和功能丧失等多种生态灾难。面对湿地退化现象,世界各国都在积极采取措施进行湿地生态恢复。

加拿大湿地面积 12700 万  $\text{hm}^2$ , 占世界湿地资源的 24%, 居世界第一位。为了有效保护湿地资源, 加拿大 1992 年颁布了联邦湿地保护政策<sup>[1]</sup>。美国作为湿地恢复建设开展得较早的国家, 在 1975~1985 年的 10a 间, 政府资助了联邦政府环境保护局 (EPA) 清洁湖泊项目 (CLP) 的 313 个湿地恢复研究项目<sup>[2]</sup>。1977 年, 美国颁布了第一部专门的湿地保护法规。1989 年, 水科学技术部 (WSTB) 的水域生态系统恢复委员会 (CRAM) 开展了湿地恢复的总体评价, 包括科学的、技术的、政策的和规章制度等许多方面<sup>[3]</sup>。1995 年, 美国开始实施一项总投资为 6.85 亿美元的湿地项目, 旨在重建佛罗里达州大沼泽地<sup>[4~5]</sup>。在美国明尼苏达的北部地区, 通过筑坝重建和恢复湿地, 湿地面积已从 1940 年的 2183  $\text{hm}^2$  增加到 1988 年 3687  $\text{hm}^2$ <sup>[6]</sup>, 生物多样性出现, 到 2004 年, 美国 3600 万英亩湿地得到了恢复和保护。美国国家委员会、环保局、农业部和水域生态系统恢复委员会计划到 2010 年恢复受损河流 64 万  $\text{km}^2$ , 湖泊 67 万  $\text{hm}^2$ , 湿地 400 万  $\text{hm}^2$ <sup>[7]</sup>。

北美国家退化湿地系统生态恢复建设的成功离不开合理的恢复建设和完善的恢复管理体系, 广泛的宣传教育和强大的公众参与机制更是各国湿地恢复建设需要学习和借鉴的范例, 同样对我国也具有十分重要的借鉴意义。本文结合国际恢复生态学会文件“生态恢复入门读本”和“生态恢复项目的发展和管理指南”, 以美国旧金山海湾海岸带生态恢复工程和加拿大安大略省沼泽湿地生态恢复工程为例, 总结北美国家湿地生态恢复的成功经验, 以辨析我国太湖生态恢复建设工程存在的问题。

## 1 北美国家湿地的生态恢复概况

### 1.1 美国旧金山海湾带生态恢复工程

美国旧金山海湾带是美国西海岸最大的河口之一, 也是太平洋西海岸最具生物价值的一个海港<sup>[8]</sup>。生态系统及基因多样性极为丰富, 它对于养分储存和循环, 海岸线的保护及污染物的过滤有重要作用, 也是人类活动的热点区域。面对高度发达的经济和密集的人口需求与生物多样性保育及自然生态系统和生境维持之间的矛盾, 美国旧金山海湾带主要遵循以下流程对整个流域在地理区域上进行生态恢复建设: ①概念性规划; ②重建和最小人为干预下的完全恢复; ③遗留问题的解决和经验总结; ④宣传教育。海湾生态恢复建设过程中, 环境保护局 (EPA) 和旧金山水质控制委员会 (The San Francisco Bay Regional Water Quality Control Board) 对海湾生态健康实施实时监测与公告, 以保证监测数据的有效性, 同时保护并关注那些对于生态系统健康至关重要的、基础的物种。这样将会大大减少在维持生态系统健康方面的投入。恢复建

收稿日期: 2011-06-02

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (No. 2008BAD96B05)。

作者简介: 徐琳, 硕士研究生, 研究方向: 生态恢复。

设后期科学管理体系的持续应用和实施过程中的公众与社区参与使生态系统健康和水质状况逐步提高<sup>[9]</sup>。可以说,旧金山海湾的生态恢复建设不单单是一项生态恢复工程,同时也是一项成功的政治结合体。该项目得到了前美国总统克林顿、州政府及相关利益群体的密切关注和相关政策及法律法规的支持。海湾带恢复项目的贯彻和执行也并非是以政府为主导,官方指示为导向,而是由普通民众、政府相关部门和社会组织等相关的利益群体相互协商、相互协作、共同努力完成的。旧金山海湾带生态恢复建设的成功也为国际上其他类似的生态恢复建设项目提供了经验和指导<sup>[10]</sup>。

## 1.2 加拿大安大略省沼泽湿地生态恢复工程

加拿大安大略省沼泽湿地是世界上生产力最高、生物多样性极为丰富的生态区域。其泥炭层作为重要的碳汇,对缓解全球气候变化有积极作用;湿地也富于旅游休闲及科研价值。随着人口的增长,以及五大湖沿岸区域的发展,安大略省湿地出现明显退化,密集的渔业和七鳃鳗的掠杀使得系统退化加剧<sup>[11]</sup>。据此,政府各部门和非政府组织针对五大湖区域的生态现状联合制定详实的生态恢复策略和恢复计划<sup>[12]</sup>。加拿大的湿地生态恢复建设主要有以下五方面的内容:①河流重建;②退化湿地的恢复;③再造新的湿地;④构建岛屿和沙嘴;⑤湿地植被的恢复。多伦多约克大学等高校的师生全程参与了恢复建设,从当地群众意愿调查、方案规划设计、工程实施、资金管理到宣传教育和培训、网络信息的完善、绘图和视频的制作,学生通过恢复实践,完善知识结构,从而为新工程项目的实施提供参考<sup>[13]</sup>。恢复建设过程中公众与政府密切联系。在安大略湖湿地生态恢复建设的过程中,以确定区域内保护优先为原则,逐步推行湿地新增、恢复以及重建项目,针对具体情况选择合适的控制技术,同时成立五大湖基金援助项目以保障工程的顺利实施;生态恢复建设后期实施资源管理和最有效的技术保护。在整个生态恢复建设过程中,各种湿地保护组织与机构相互合作,不断对行动计划的各个方面实施监测和评估,其核心措施是提高公众对湿地的认知水平,促进湿地科学研究,同时政府加强湿地保护的有关立法、协议与政策的推行以保障广泛的公众参与,从而完善湿地的恢复行动<sup>[14]</sup>。

## 2 中国太湖生态恢复存在的问题

太湖是我国的第三大淡水湖泊,位于长江三角

洲东南部。该区资源丰富,区位优势。近年来,对太湖流域水环境生态系统进行了一系列的恢复和治理,但恶化趋势未得到有效遏制。通过与美国和加拿大实施的生态恢复比较分析,发现我国太湖的生态恢复建设主要存在一些问题。

### 2.1 理论技术体系相对滞后

完整的理论体系是生态恢复的“地基”。加拿大沼泽湿地恢复建设中,积极推进湿地的科学研究和五大湖区域湿地数据库的建设,完善监测体系;旧金山海湾在实施前制定了非常详细的分区域分类型的湿地恢复计划,从恢复与强化两个层面来实施和开展湿地恢复。而太湖的生态恢复建设工程具有局部性、临时性和突发性<sup>[15]</sup>,生态学家们对即将要恢复的生境知之甚少,因此无法解释生态系统的退化成因。此外,目标设定不够细化,工程时限过紧,缺乏计划性,一味强调重建,导致治理效果不明显。

### 2.2 恢复工程实施缺乏系统性

加拿大安大略省沼泽湿地生态恢复工程坚持“边做边学习”的原则,在实施过程中及时发现问题,加以讨论研究,并及时解决问题。针对具体的评估指标适当调整,从对恢复区域的确定到有效的维护管理,对不同区域分别制定目标,综合分析,系统进行。而我国的太湖生态恢复建设注重生态系统结构的重新拟合,忽视前期规划、中期监测和后期维护,监测评价和公众参与没有很好地与各阶段工作协调,各部分工作缺乏衔接性和长期持久的维护管理。

### 2.3 投融资方式单一化

尖端的科学技术对生态恢复建设的成功是不可或缺,但其工程的长期性决定了必须配套有效的法律政策支撑及长期的财政赞助<sup>[16]</sup>。长期以来,太湖的生态恢复工程主要依靠政府财政拨款,工程建设呈反复性,巨额的财政负担和单一的投资主体,造成融资渠道狭窄,管理体制混乱,不利于发挥其应有的效益。而资金投入不足,到位较晚,又延缓了太湖治污进度<sup>[15]</sup>。到20世纪末,太湖治理工程得到世行贷款支持后,才完成了基础性治理工程<sup>[17]</sup>。而旧金山海湾恢复工程和加拿大沼泽湿地恢复工程都具有多样化的融资方式,除政府的财政拨款,还有许多非政府组织和基金项目支持。

### 2.4 恢复管理体系不完善

在实现海湾生态恢复方面,美国生态学家从生

态系统层面上开展恢复与管理,建立生态指数(ecological indicators)来评估与监测整个生态系统的健康状况,从而为其有效恢复提供科学参考。同时,在各个城市推行节水措施,强化流域管理。在完善恢复管理体系方面,安大略省沼泽湿地恢复过程中,实施适应性资源管理方法(adaptive resource management, ARM),在尽量短的时间内提高管理效果,同时还能实现对湿地的长期管理目标<sup>[18]</sup>。北美五大湖区的实践也证明适应性资源管理在生态恢复与管理中的重要作用。而太湖的生态恢复建设缺乏必要的流域管理和维护。

### 2.5 公众参与力度薄弱

公众参与是生态恢复建设成功的保障,其影响力仅次于政府及相关部门<sup>[19]</sup>。美国针对海湾生态恢复的目标,政府部门、科研机构和各类组织,乃至普通民众都参与到海湾的恢复重建工作中来,从各个角度和层面来开展海湾的生态恢复研究与尝试,同时组织公众参加海湾恢复的志愿者活动,并进行生态保育知识的传播与教育。加拿大安大略省沼泽湿地的生态恢复过程中,注重提高公众对湿地保护的认知水平,并鼓励其积极参与到湿地的保护与恢复行动中,对于生态恢复建设的目标选取和政府的相关决策都是以平衡当地渔民的利益和湿地生态系统的健康为先导<sup>[20]</sup>,高校及科研院所也积极参与该区域的恢复建设。然而太湖生态恢复所强调的“公众参与”仍停留在纸上谈兵阶段,对当地区域居民的活动特点及相关信息缺乏周详的调查研究。在实际操作过程中,并没有很好地把生态恢复建设与当地的社会发展和居民福利结合起来。太湖流域民众在环保行为上属于政府依赖型,主动参与湿地恢复的自觉性不足<sup>[21]</sup>。

## 3 对中国太湖的启示

### 3.1 强化概念性规划,充分考虑各利益群体意见

概念性规划主要是对退化湿地生态系统的基础资料和当地社会经济状况的调查分析。因此湿地恢复建设前,生态学家要根据国内外相关文献和实地勘察,正确辨识湿地系统退化的类型、程度、阶段和成因,了解该流域自然资源、社会经济状况(科技文化教育状况和管理水平等)及该项目对当地居民的影响<sup>[22]</sup>。在对恢复区的生态问题做出全面、客观判断的基础上进行可行性分析,并根据保护优先的原则,对恢复区实行生态功能分区和生态经济区划。对于受损程度比较轻的区域,借助自然

的力量,发挥生态的自我繁衍和修复能力;对于受损退化程度较严重的区域,根据问题的成因及其影响,结合区域优势,确定恢复目标,设计备选方案。在方案决策时充分考虑各利益群体意见,按生态适宜性、技术可行性和社会合理性相统一的要求对备选方案的相对优劣排序,征求当地政府部门和公众的意见,召集有关专家论证,确定最优可执行方案。总体方案落实后,利用浅显易懂的语言向民众讲解、公示、举办听证会,并做好恢复区居民的搬迁及安置工作。

### 3.2 建立适宜的湿地恢复重建体系,实现最小人为干预下的恢复建设

在湿地生态恢复建设中,首先实施小规模试验,以小区域的恢复效果说服本地群众和政府部门,促进工程示范推广。工程实施阶段,要区分轻重缓急,恢复的同时力求实现重建和最小人为干预下的完全恢复。在较大范围的湿地恢复项目中,往往在理论上可以提出一定的模式,结合当地的自然条件和社会状况,在景观尺度上合理安排当地群众生产活动,把湿地恢复和提高当地群众的经济条件结合起来,实现生态效益、经济效益和社会效益的最大化。在此过程中,还需要对所恢复的生态系统进行严密的科学监测和评价,及时解决所出现的问题。政府及相关部门要各司其职,实行严格的资金管理和物资管理制度,以保证恢复建设工程的顺利进行。

### 3.3 健全湿地恢复相关法律法规,完善流域管理体系

湿地生态系统维护管理是保障生态恢复目标实现的机制性条件<sup>[23]</sup>。恢复成功的生态系统,若缺乏正确的管理和维护,生态恢复建设就变成一种“作秀”。因此,生态恢复工程实施完成和验收以后,应实施实时监测和公告,对实施效果不如预想的部分流域,针对具体情况,进行修补和完善以解决遗留问题,总结经验教训,并对湿地恢复相关的政策和管理体制提出建议供决策者参考。此外,应组建由流域机构和二省一市政府、环保、水利、旅游等部门组成的太湖管理委员会,把湿地保护纳入全流域生态管理框架<sup>[24]</sup>,并授予相应的管理职能。对于各阶段工作,相关部门可定期开展恢复建设信息发布会,开辟公众参与生态恢复的有效渠道,保障公民的知情权,促使湿地恢复朝着有利于广大人民群众利益的方向发展。同时也要不断完善生态补偿机

制, 创新湿地恢复政策。

### 3.4 加大湿地研究的支持和投资力度, 丰富融资方式

国家需加大对湿地生态恢复研究的支持和投资力度, 完善理论技术体系, 规范基本流程, 尤其要重视监测评价和区域湿地数据库的完善。生态学家们也要开始改变价值取向, 深化对湿地生态恢复机理的研究, 恢复技术的研发也不能仅停留在实验室阶段, 还要用于指导实践, 把对生态恢复建设的研究宗旨转变到改善生态环境, 促进经济社会可持续发展的方向上来。对于生态恢复工程的资金来源, 要从实际出发, 丰富其融资方式, 如开展国际合作项目和国际援助, 鼓励和引导企业和民间组织积极参与等, 建立循环的资金链。

### 3.5 加强湿地恢复的宣传和教育力度, 提高公众的生态恢复意识

在湿地生态恢复的各个环节, 公众参与都是一种很好的知识、信息和资源输入渠道, 在活化管理运行体制, 提高决策科学化和民主化方面能发挥重要作用。因此, 在生态恢复建设中, 首先要加强相关技术人员的专业技能培训, 同时政府也要进行广泛的生态恢复教育, 要充分发挥新闻媒体的宣传和监督作用, 引导民间组织和社会组织在不违背法律的前提下对政府相关工作进行社会监督, 同时让湿地生态恢复与公众的利益或需求建立密切关系, 从深层次激发公众参与湿地生态恢复建设的欲望。

#### 参考文献:

[1] Rubec C D A. Canada's Federal Policy on Wetland Conservation: a Global Model. In: Mitsch W J ed. *Global Wetlands: Old world and New* [M]. Elsevier, Netherlands, 1994.

[2] 米文宝, 谢应忠. 生态恢复与重建研究综述 [J]. 水土保持研究, 2006, 13 (2).

[3] 师尚礼. 生态恢复理论与技术研究现状及浅评 [J]. 草业科学, 2004, 21 (5).

[4] Kusler J A. Wetland [J]. *Scientific American*, 1994, (1).

[5] Yong P. The "New Science" of Wetland Restoration [J]. *Environmental Science & Technology*, 1996, (7).

[6] Johnston C A. Ecological engineering of Wetlands by Beavers In: Mitsch W J ed. *Global Wetlands: Old World and New* [M]. Elsevier, Netherlands, 1994.

[7] 陈和平. 美国湿地保护和恢复政策综述 [J]. 全球科技经济瞭望, 2010, (1).

[8] Geen A, Luoma S N. The Impact of Human Activities on Sediments of San Francisco Bay, California: An Overview [J]. *Marine*

*Chemistry*, 1999, (64).

[9] Breaux A, Cochrane S, Evens J, et al. Wetland Ecological and Compliance Assessment in the San Francisco Bay Region, California, USA [J]. *Journal of Environment Management*, 2005, (74).

[10] Marcus L. Restoring Tidal Wetlands at Sonoma Baylands, San Francisco Bay, California [J]. *Ecological Engineering*, 2000, (15).

[11] Hansen M J, Peck J W, Schorfhaar R G, et al. Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) Populations in Lake Superior and Their Restoration in 1959 - 1993 [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 1995, 21 (S1).

[12] Wilcox D A, Whillans T H. Techniques for Restoration of Disturbed Coastal Wetlands of the Great Lakes [J]. *Wetlands*, 1999, 19 (4).

[13] Perkins, P. E. Public Participation in Watershed Management: International Practices for Inclusiveness [J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2010, 2 (4).

[14] Schulte - Hosteddea B, Waltersb D, Powellc C. Wetland Management: An Analysis of Past Practice and Recent Policy Changes in Ontario [J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 82 (1).

[15] 潘闻闻. 太湖生态修复中的投融资决策研究 [J]. 人民长江, 2009, 9 (40).

[16] Higgs E. The Two - cultural Problems: Ecological Restoration and the Integration of Knowledge [J]. *Restoration Ecology*, 2005, 13 (1).

[17] 舒俭民, 王家骥, 刘晓春. 矿山废弃地的生态恢复 [J]. 中国人口. 资源与环境, 1998, 8 (3).

[18] 秦伯强. 湖泊生态恢复的基本原理与实现 [J]. 生态学报, 2007, 27 (11).

[19] Hostmann M, Borsuk M E, Reichert P, et al. Stakeholder Values in Decision Support for River Rehabilitation [J]. *Archiv für Hydrobiologie*, 2005, 155 (S15).

[20] Lange R E, Smith P A. Lake Ontario Fishery Management: The Lake Trout Restoration Issue [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 1995, 21 (S1).

[21] 赵磊, 邓伟, 朱继业, 等. 太湖流域农村公众环境意识案例研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (3).

[22] Buijs A E. Public Support for River Restoration. A Mixed - method Study into Local Residents' Support for and Framing of River Management and Ecological Restoration in Dutch Floodplains [J]. *Journal of Environment Management*, 2009, (90).

[23] 胡聃, 奚增均. 生态恢复工程系统集成原理的一些理论分析 [J]. 生态学报, 2002, 22 (6).

[24] 王学雷, 许厚泽, 蔡述明. 长江中下游湿地保护与流域生态管理 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, (15).

## Wetland Restoration in North American and Its Edification to Chinese Tai Lake Restoration

XU Lin, HU Feng, JIAO Jia-guo, LIU Man-qiang, LI Hui-xin

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing Jiangsu 210095 China)

**Abstract:** Wetland restoration, which means to restore the damaged wetland ecosystem to a former state, but a process for seeking improvement and perfection by combining nature with politics, economy and human beings. Taking a global view of the comprehension and practice in ecological restoration, a large discrepancy can be easily perceived between north American and China. This paper takes San Francisco Bay restoration and the Great Lakes restoration as examples, and thus five existing problems of China Tai Lake are well-illustrated, theoretical-technological system lag, unsystematic ecological restoration engineering, invest and financial methods simplification, non-adaptive restoring management system and weak publicity. The suggestions proposed in this paper will ultimately helps to strive for the effective route in our ecological restoration.

**Key words:** ecological restoration; public participation; San Francisco Bay restoration project; ecological restoration project of the Great Lakes; edification

---

## 《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）》、《教育阅读网》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编，同时在我刊网站 [Http://hjkxdk.yies.org.cn](http://hjkxdk.yies.org.cn) 发布。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

# 浅谈德宏州生物多样性及保护

岳品成

(芒市环境保护局, 云南 德宏 678406)

**摘要:** 德宏州具有得天独厚的自然环境, 是云南省生物多样性保护的地区之一, 保护和可持续地利用生物多样性显得十分重要。从德宏州生物多样性的基本现状、区域经济发展与生物多样性保护面临的问题等方面展开了讨论, 提出了保护德宏州生物多样性的对策措施。

**关键词:** 生物多样性; 保护; 对策; 德宏州

**中图分类号:** X37      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0006-04

当今国际社会普遍认为, 生物多样性为人类的生存和发展提供了适应区域和全球环境变化的机会, 谁拥有了丰富的生物多样性, 谁就拥有未来发展更多的选择权。2005年“国际生物多样性日”的主题“适应变化世界的生命保障”, 进一步说明了生物多样性对地球生命的重要性。德宏州作为云南省生物多样性保护的地区之一, 保护和可持续地利用生物多样性显得十分重要和迫切。

## 1 德宏州生物多样性现状

德宏傣族、景颇族自治州位于东经  $97^{\circ}31' \sim 98^{\circ}43'$ , 北纬  $23^{\circ}50' \sim 25^{\circ}20'$ , 与缅甸联邦共和国接壤。德宏州辖二市三县, 即芒市、瑞丽市、盈江县、陇川县和梁河县。土地总面积  $1122893.3\text{hm}^2$ , 森林覆盖率  $61.19\%$ , 自然保护区覆盖率  $9.3\%$ 。有两个省级自然保护区, 即铜壁关自然保护区, 占地  $73500\text{hm}^2$ ; 瑞丽江流域自然保护区, 占地  $30711\text{hm}^2$ 。德宏州是地势东北高而陡峻西南低而宽缓的切割平原, 全州最高峰大娘山, 海拔  $3404.6\text{m}$ , 最低点在羯羊河与拉扎河交汇处, 海拔  $210\text{m}$ , 高差  $3194.6\text{m}$ 。德宏州位于内陆热区向印缅西部及藏东南过渡地带, 属“热带湿润地区, 西部亚区, 热带季雨林—砖红壤地带, 滇西横断山峡谷区”。受印度洋西南季风的影响, 是全国少有的南亚热带季风气候类型地区。特殊的地理特征与气候条件为动植物提供了良好的生存环境, 境内分布着许多珍稀濒危动植物和特有种, 是云南省生物多样性保护的地区之一。

### 1.1 生态系统多样性

德宏州的水生生态系统有河流生态系统、水库生态系统。流经德宏的怒江、瑞丽江、大盈江三大

水系和户宋河水库、姐勒水库等 19 座水库, 构成了德宏州淡水生态系统的基本框架。

德宏州的陆生生态系统主要有森林、灌丛、沼泽等。森林生态系统以乔木为标志, 植被类型主要有热带雨林、热带季雨林、热带山地雨林、南亚热带季风常绿阔叶林、亚热带中山湿性阔叶林、暖温带山地苔藓林、高山针叶林。其中海拔在  $1000\text{m}$  以下的坝区及河谷地带, 主要为热带雨林、热带季雨林, 占德宏州森林总面积的  $5.4\%$ , 代表性植物为龙脑香、阿萨姆娑罗双、柚木、美登木等; 海拔在  $1000 \sim 1500\text{m}$  的丘陵及半山区, 主要为热带山地雨林、南亚热带季风常绿阔叶林, 占德宏州森林总面积的  $57.2\%$ , 代表性植物为红椎、栎类、栲类、木荷、红椿等; 海拔在  $1500 \sim 2000\text{m}$  的地区, 主要为亚热带山地落叶阔叶林、亚热带中山湿性阔叶林, 占德宏州森林总面积的  $36.1\%$ , 代表性植物为杉木、松树、油茶、核桃等; 海拔在  $2000\text{m}$  以上为暖温带山地苔藓林、高山针叶林, 占德宏州森林总面积的  $1.3\%$ , 代表性植物为铁杉、高山栎、杜鹃灌木丛等。

德宏州各种地带植被类型相互交错, 林分组成结构复杂, 树种繁多。特别是在盈江县的南奔河、洪崩河流域 (海拔  $210 \sim 300\text{m}$ ) 发现了大面积相对较原始而完整的以四树木、翅子木、榆绿木为标志的半常绿季雨林。该类型目前在国内只发现于该地区。季雨林在我国相对贫乏, 大多地区原有季雨林已被开发破坏, 德宏州的半常绿季雨林群落结构相对完整, 是我国半常绿季雨林最有代表性的地区。

### 1.2 物种多样性

德宏州植物区系地理成分多样复杂, 具有广泛

的联系性。根据中国种子植物属的分布区类型的划分,在所有15个分布区类型和31个变型中,除环极分布等8种变型未曾发现外,所有15个分布类型和其余23个变型都有分布。德宏州的植物区系成分是以印度-马来西亚与喜马拉雅区系为主。德宏州各地地理成分中,热带分布属占总属的75%,具温带类型的属占25%。

德宏州植物种类异常丰富,生长着高等植物318科、1886属、6032种(含变种、亚种和变型),占云南省总数的33.0%。其中:苔类植物18科、38种、变种;藓类植物15科、26种、变种;蕨类植物42科、235种;裸子植物10科、50种、5变种;被子植物233科,5691种、亚种、变种、变型。国家级保护植物72种,其中:一级13种,二级59种。

在全国动物地理区划中,德宏州属西南区,地处滇西横断山脉纵谷区高黎贡山向西南延伸地段的低纬度山原地区,其动物种类多为西南地区常见的热带、亚热带动物种群,已知脊椎动物有143科,1157种,占全省总数的67.9%;哺乳类26科、152种,占50.6%;鸟类54科、691种,占87%;爬行类和两栖类共27科、171种,占69.8%;水生脊椎动物36科、143种,占39.1%;昆虫动物115科、486种。有国家级保护动物318种,一级72种,二级246种。其中哺乳动物有35种,一级18种,二级17种;鸟类有214种,一级41种,二级173种;两栖和爬行类有20种,一级3种,二级17种;水生脊椎动物有30种,一级6种,二级24种;昆虫动物有15种,一级4种,二级11种。

此外,德宏州还有高等栽培植物(指露地栽培者,不包括温室种类)618种,代表性植物是稻、甘蔗、玉米等农作物和杉木、西南桦、八角等经济林,占全州现有植物总数的10.2%。

### 1.3 遗传资源多样性

德宏拥有丰富的物种多样性,同时也蕴藏了大量珍贵的遗传基因多样性,特别是许多经济价值高、利用广的栽培植物与家养动物,都能在德宏州找到其野生类型或近缘种。如:野荔枝、野生猕猴桃、大叶茶、滇菠萝蜜及林生芒果等许多重要的栽培植物的野生型或近缘种,家养动物的野生类型或近缘种原鸡、赤麻鸭等也有分布,另外还有已经驯养的动物德宏水牛为德宏特有土著品种,这些都是云南省具有重要经济价值和开发潜力的遗传基因资源。

### 1.4 生物多样性的特点

(1) 丰富性。德宏州国土面积占全省的2.9%,而各类物种数均超过全省的1/3,特别是疣粒野生稻、野生茶树、花卉以及药物资源都是德宏发展持续农业极为重要的资源基础。

(2) 独特性。德宏州生物多样性是云南省其它地州所不可替代的,如盈江龙脑香、瑞丽山龙眼和潞西山龙眼等约100余种地区特有植物,盖裂木、翅苳婆、隐翼等30余种云南省新分布植物种类,桫欏、云南红豆杉等孑遗种也有一定的分布面积。

(3) 脆弱性。德宏特殊的地形地貌、复杂的气候环境导致德宏具有丰富的物种,同时也决定了德宏州生物多样性的脆弱性。具体表现为种群数量少,分布地域狭小。主要分布在铜壁和瑞丽江自然保护区内,生态适应能力低,对外界干扰非常敏感,遇到自然灾害或人为破坏,很容易陷入濒危境地甚至灭绝,特别是国家公布的濒危物种。

## 2 保护生物多样性的意义

生物多样性就是一个地区内基因、物种和生态系统和多样性的总和。地球上的生命是亿万年进化的结果,地球上动物、植物、微生物之间及其生态系统与物理环境之间的相互作用,构成了持续发展的基础,支撑着人类的生存和发展。因此,保护生物的多样性具有直接的、间接的、潜在的价值。

### 2.1 具有重要的生态功能价值

在自然界中生物多样性维系着物质的循环、能量的流动、环境的净化、土壤的改良、水源的涵养、水土的保持以及小气候的调节等,同时还对生物进化和自然演替起着举足轻重的作用。

### 2.2 具有重要的文化价值

生物多样性是文学艺术创造和科学技术发明的重要源泉之一,文化多样性亦成为生物多样性的重要组成部分。德宏州傣族的泼水节、景颇族的目瑙纵歌和各少数民族的神山崇拜等民族文化的产生和发展与德宏州生物多样性是密不可分的。

### 2.3 具有重要的经济价值

生物多样性是人类赖以生存的各种生命资源的汇集和经济社会发展的基础:

(1) 提供了食物。据统计,水稻、小麦、玉米等20多种驯化植物,为德宏州提供了占90%的粮食产量。

(2) 提供了工业原料。为德宏州的加工业提供了纤维、木材、橡胶、蔗糖、天然淀粉、油脂等

重要工业原料。

(3) 提供了医药资源。药品绝大部分来自于生物, 中国传统医学的中草药绝大部分取自野生动植物, 现代医学药物依靠野生动植物也越来越多。随着医学研究的深入, 越来越多的物种被发现可作药用。例如, 抗生素就是由微生物产生的疫苗, 在控制和消灭天花、霍乱、骨髓灰质炎等疾病上起了重要作用。目前抗癌药物研制的趋势就是寻找来自自然界的天然抗生素。

(4) 提供了重要的旅游资源。如瑞丽江、大盈江漂江游, 在江两岸绚丽多彩的生命世界中, 各种生物千姿百态、变化万千。自然界的勃勃生机, 使人们获得了陶冶情操、增加知识的机会。

(5) 提供了提高农业生产力的机会。在单个作物和牲畜种内发现的遗传多样性, 不仅为其与害虫、疾病斗争注入了活力, 也为生物育种学家们提供了改良和培育新品种的机会。

### 3 德宏州生物多样性保护面临的问题

#### 3.1 生存环境破坏

由于坝区不合理地围湖造田、开垦沼泽; 林区不合理地砍伐原始植被, 进行开矿、修路、水电建设、旅游开发、种植人工经济植物, 这些过度利用土地和水资源的行为, 导致许多生物栖息繁衍地成为相对独立的地段, 即所谓的“孤岛”, 从而隔断生物种群间的联系, 影响到物种的正常生存。使许多生物的数量急剧下降, 甚至消失。据记载, 德宏州 20 世纪 50 年代初期还是亚洲象、孟加拉虎、金钱豹、云南野牛等野兽横行的地方, 现孟加拉虎、亚洲象、云南野牛已绝迹多年, 金钱豹的数量也在日趋减少。又如, 瑞丽市的弄莫湖解放初期, 有 267hm<sup>2</sup> 左右水面, 各种动植物生机勃勃, 现湖面已不足 6.7hm<sup>2</sup>, 而且多为河沟、鱼塘, 各种动植物生机勃勃的景象已成为历史。生境的破坏, 意味着原有植物种类的减少, 动物息栖地的消失, 这些都对它们的生存繁衍造成不利影响。

#### 3.2 外来物种危害

紫茎泽兰、水葫芦等外来植物目前在德宏从海拔最低点到海拔最高点的水面、林间都有大面积分布。于 20 世纪 80 年代引入的福寿螺, 在 90 年代初对全州的水稻生产造成危害, 在采取了乙烯类的人工措施后, 才使其危害得以控制, 现每年都要采取措施控制其数量。此外, 还有罗非鱼、埃及塘虱、美洲斑潜蝇等十余种外来物种。这些外来物种侵入德宏后, 由于生境适宜、缺少天敌, 生长极其

旺盛, 挤占了原有土著生物的生存、生长空间, 破坏了原有的生物链, 导致本地一些特有物种处于濒危的境地。

#### 3.3 环境污染

近年来, 由于农药、鼠药、化肥、化工产品的广泛使用, 产生了大量工业“三废”和有毒物质, 严重污染了大气、土壤和水体, 破坏了生物物种赖以生存的环境, 打断了生物间的食物链。例如, 在瑞丽市提起南卯河, 人们就会用这样的一段话来介绍它的情况: “五六十年代淘米洗菜, 七八十年代鱼虾招待, 九十年代垃圾覆盖”。河流已成为城市的纳污水体, 丧失了原有的水生生态系统, 河岸边以水生生物为食的翠鸟、水獭等, 由于食物的消失而离去。又如, 毒鼠强、磷化锌等剧毒高残鼠药的广泛使用, 曾使村寨中的猫狗绝迹, 森林中的猫头鹰数量锐减。

### 4 德宏州生物多样性保护的对策

德宏州生物多样性具有丰富性、独特性、脆弱性。特别是国家公布的濒危物种, 一经破坏很难恢复。因此, 对德宏州的这些珍贵的生物资源, 必须采取有力的措施进行保护。

#### 4.1 加强生物生存环境的保护

通过实施退耕还林、封山育林等林业产业政策, 扩大动植物生存栖息环境; 大力实施生态农业, 禁用剧毒、高残农药、鼠药, 减少农药、化肥施用量; 加大对工业“三废”和有毒物质治理力度, 减少环境污染; 进一步加大对修路、采矿、土地、旅游、水电和生物资源等非污染开发项目的环境管理, 切实控制建设项目侵占生物多样性重点保护地区。尽量减少对德宏州生物多样性的影响和破坏, 使之得到较好的恢复。

#### 4.2 加强自然保护区管理机构建设

德宏州铜壁关自然保护区、瑞丽江自然保护区是德宏州生物多样性最为集中的地区, 是生物多样性保护的重点地区。但目前德宏州铜壁关自然保护区尚处于管理工作的初级阶段—保护型管理, 而瑞丽江自然保护区尚未建立专门的机构来实施管理。为进一步做好保护工作, 需建立健全自然保护区管理机构, 加大对现有人员的专业培训, 配备各种管理设施, 制定各种相应的管理办法, 建立起完善的管理体系。

#### 4.3 建立生物多样性信息管理机构

(1) 搜集有关德宏州生物资源的资料, 建立标本陈列馆;

(2) 建立德宏州生物信息库, 将有关动物、植物、微生物个体、种群、群落和生态系统的各方面的信息输入到电脑储存;

(3) 建立德宏州生物多样性示范园, 对德宏州珍稀、濒危动、植物进行培育与繁衍, 使之成为集科普教育、旅游为一身的生物多样性研究基地;

(4) 建立德宏州环境信息库, 将地质地貌、气候、水文、土壤、社会环境等各方面的信息输入电脑;

(5) 监测站定期监测和调查各种数据资料: ①环境要素, 如  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  及酸雨、降尘等方面的监测资料; ②对受威胁的鸟类与其他珍稀动物以及濒危植物定期观察其变化趋势, 及时提供资料。

#### 4.4 深入开展科学研究

一是监测站网有计划地进行深入调查研究; 二是鼓励大专院校、科研单位及有关生物爱好者, 围绕德宏州生物多样性进行科学研究。研究重点应包括以下几方面:

(1) 对德宏州生物多样性进行保护, 对重要动植物种类、分类调查与编目;

(2) 对德宏州目前尚缺的资料, 如菌类和藻类等低等生物进行调查, 使其资料更趋完善;

(3) 加强对物种生物学和生态学基础研究, 重点针对珍稀濒危物种的生物学与生态学进行研究, 特别要对德宏州珍稀、濒危物种的驯化进行研究;

(4) 进行珍稀濒危物种的就地与迁地保护技术的研究, 增殖及扩延其生长范围。

#### 4.5 加强宣传教育、严格执法

(1) 加强人们对生物多样性进行保护的教育, 特别要大力宣传自然保护区内禁猎、禁采、禁伐的规定, 不断提高人们保护生态环境的自觉性。

(2) 对重点保护区域禁止开发旅游。

(3) 严格执行生物多样性保护和资源管理的法律、法规、强化监督检查, 严厉打击破坏生物多样性的违法行为, 切实规范生物物种资源保护、采集、收集、驯养繁殖、科研、买卖、交换、进出口、出入境等活动。

#### 4.6 争取国内支持和国际交流与合作

(1) 通过宣传争取中央、省、市各级部门的资金支持;

(2) 加强与全国各地与世界各国生物多样性保护机构的相互沟通和信息联网, 争取国际组织的资金和发达国家对德宏州自然保护区项目的经济与技术的援助, 发展生物多样性保护的合作与交流。

#### 参考文献:

- [1] 刀保辉, 刘世龙, 杨世雄. 德宏州傣族景颇族自治州保护植物 [M]. 云南: 德宏州民族出版社, 2004.
- [2] 杨岚. 云南鸟类志 (非雀形目) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1995.
- [3] 本书编委会. 云南种子植物名录 (上、下册) [M]. 云南: 云南人民出版社, 1984.
- [4] 于雪娟, 张欲非, 刘冬梅, 等. 环境管理 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2002, (6).

## Brief Talk on Biodiversity Protection in Dehong District

YUE Pin - cheng

(Mangshi Environmental Protection Bureau, Dehong Yunnan 678406 China)

**Abstract:** Dehong District, which has advantaged natural environment, is the key area of biodiversity protection in Yunnan province. The general situation of biodiversity in Dehong is illustrated. The conflicts between regional economic development and biodiversity protection are discussed, based on which, some countermeasures are put forward to protect biodiversity in Dehong.

**Key words:** biodiversity; protection; countermeasure; Dehong

# 曲靖市生活垃圾治理市场化中的问题和议

马永余

(曲靖市城市固体废弃物管理处置中心, 云南 曲靖 655000)

**摘要:**通过分析曲靖现阶段生活垃圾处理市场化过程中存在的问题, 提出了体制改革、垃圾综合治理等办法。

**关键词:**生活垃圾处理; 市场化; 综合治理

**中图分类号:** X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0010-04

曲靖市近年按照云南省政府现场办公会确定的“以建设珠江源大城市为重点, 全力推进城镇化进程”的发展目标, 通过实施“工业强市”战略, 有力地带动了城镇化。2010年曲靖市主城区面积已达55km<sup>2</sup>, 人口达58万人。根据规划,

2020年曲靖市建成区面积将达100km<sup>2</sup>, 人口达100万人<sup>[1]</sup>, 将成为云南继昆明之后又一个人口超百万的城市。随着城市人口的增加, 生活垃圾的产量也急剧增加, 2010年, 曲靖市中心城区的生活垃圾产生量已达18.7万t。

表1 曲靖市(城区)生活垃圾产生量对比表

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
产量/万t	9	9.6	9.8	10.1	11.9	13.6	14.6	15.5	18.7
人口数/万人	33				38.07	40			50.26

## 1 曲靖市生活垃圾处理市场化现状

2001年8月, 曲靖市利用世行贷款资金建设的太和山垃圾卫生填埋场竣工投入使用, 市政府批准成立曲靖市城市固体废弃物管理处置中心作为填埋场运营单位, 实行自收自支企业化管理, 通过提供生活垃圾处理服务, 收取垃圾处理费, 用于偿还世行贷款及保障垃圾填埋场的正常运行。当时昆明市同样利用世行贷款建设了垃圾填埋场, 但运营时依然采用财政全额拨款方式。曲靖为探索环卫事业的市场化改革走在全省前列。2002年, 根据国家建设部等部委《关于实行城市生活垃圾处理收费制度, 促进垃圾处理产业化的通知》精神, 经该中心申请, 云南省发改委组织召开了云南省内第一家垃圾处理费价格听证会, 并于2002年底批准曲靖市征收垃圾处理费, 收费性质为经营服务性收费。自2002年底以来, 中心利用征收的垃圾处理费, 首先确保填埋场的正常运转。至2010年8月, 填埋场已累计安全填埋处置生活垃圾150余万t, 1#库区达到设计封场高程, 已停止接纳进场垃圾, 将实行封场。

2006年, 曲靖市利用招商引资引进云南电投

新能源开发有限公司投资建设曲靖首座生活垃圾焚烧发电厂项目, 项目总投资3.3亿元, 属纯企业运营, 日处理生活垃圾近期为800t, 远期为1200t。2010年9月, 该项目竣工投入使用, 曲靖城区(含沾益、马龙、富源3县城)生活垃圾全部进入该厂实行焚烧处理, 标志着曲靖市的生活垃圾末端处理领域已全部实行了市场化运作。原太和山垃圾填埋场1#库区封场后, 因无进场垃圾来源, 2#库区同时停用。

## 2 当前曲靖市生活垃圾处理市场化中存在的问题

### 2.1 缺少规划指导, 垃圾处理市场化改革的目标不确定

传统的公益服务体制下, 政府将城市垃圾清运和处理作为公共责任, 通过政府的直接投资并直接领导事业单位进行运营来实现服务。政府和运营单位之间是行业管理关系而不是市场监管关系, 服务责任属于政府<sup>[2]</sup>。生活垃圾处理由于其市政公用事业属性, 其治理设施也主要单一依靠政府预算内投资建设, 直到20世纪90年代初, 日本、德国、加拿大等国政府开始援助和世界银行等国际金融组织从环境保护的角度开始支援我国的城市生活垃圾处理设施的建设<sup>[3]</sup>。曲靖市太和山垃圾卫生填埋场即是在1996年申请世界银行贷款(占总投资的

50%)建设。根据《曲靖市城市总体规划》(1999~2020),在曲靖城北太和山垃圾填埋场的基础上,规划于城南选址建设垃圾填埋场。伴随着曲靖城市水平的迅速提高,对生活垃圾治理设施的要求(投资、技术标准)越来越高,完全依靠财政资金已难以满足对垃圾处理设施投资的需求,便有了引资建设垃圾处理设施的动机,曲靖垃圾焚烧发电厂即完全利用引资建设。垃圾处理总体上属于环境服务业,而且是社会性很强的环境服务业。在目前全面推进市场化改革的背景下,垃圾行业作为准公共产品的特性,使得政府的责任主体的责任承担形式发生变化,引入社会主体承担这种责任的实施<sup>[4]</sup>。政府认为通过市场化运作就可以“甩包袱”,完全退出垃圾处理行业的投资领域,一切交由市场解决。但实际上垃圾处理不同于一般竞争性行业,其准公共产品的特性要求政府至少通过科学的监管体系来履行保障安全、普遍服务的责任<sup>[2]</sup>。

## 2.2 环卫体制改革滞后,阻碍了垃圾处理的市场化发展

2002年9月,国家建设部等部委出台了《关于推进城市污水、垃圾处理产业化发展的意见》,明确了推进城市垃圾处理产业化的方向,即改革价格机制和管理体制,逐步建立与社会主义市场经济体制相适应的投融资及运营管理体制,实现投资主体多元化、运营主体企业化、运行管理市场化的生活垃圾处理产业化运营格局。但至今,曲靖市实际只对生活垃圾处理的尾端引入了市场化,对收集、运输环节还按原有的事业单位体制运行。同时,由于收费主体及性质的不同,以致形成了对生活垃圾征收清运费、处理费两种费用,给市民造成了重复收费、乱收费的印象,也一定程度上影响了垃圾处理费的收缴率。事实上,生活垃圾从收集、运输到最终处置(末端处理)是一个完整的系统工程,只有把它们作为一个整体来设计、规划,才能使资源得到合理配置,起到较好效果。

## 2.3 生活垃圾收费政策落实得不够好

2002年,按《关于实行城市生活垃圾处理收费制度,促进垃圾处理产业化的通知》精神,曲靖市属较早按经营服务性收费性质收取垃圾处理费的城市。但至今当地政府未能出台《生活垃圾处理费征收管理办法》等配套地方法规,收费依据只有云南省发改委批复的收费标准文件,加之征收方式上缺乏有效的收费载体,完全靠运营企业自主上门征收,与全国大多数城市一样,不但收费率

低,且收费成本高,不能对垃圾处理的市场化运行提供保障。

## 2.4 垃圾处理采用单一焚烧处理方式的问题

垃圾焚烧发电因其具有占用土地资源少、减量化程度高的优点,近年国内很多大中城市都将其作为生活垃圾处理的主要方式并得到了快速发展。云南省作为我国西南偏远省份,至2010年底已建有3座垃圾发电厂,同时昆明市还计划在呈贡新城建设日处理1000t垃圾的焚烧发电站。曲靖垃圾发电厂属云南省首座州(市)垃圾发电厂,但结合曲靖实际,垃圾发电厂的建设、运行也存在有以下弊端:

(1)垃圾焚烧处理造成原垃圾填埋场资源浪费,影响世行贷款债务的偿还。曲靖市自2010年9月起,城区生活垃圾已全部进行焚烧处理。在原太和山垃圾填埋场未到设计填埋年限,又未充分论证并处理好两者关系的情况下,即引资建设生活垃圾焚烧发电厂,造成原填埋场未使用的2#库区的库容闲置,资源浪费。同时由于填埋场已不再使用,继续向市民收取垃圾处理费偿还世行贷款债务的理由已不充分。

(2)本项目允许将煤和垃圾掺混燃烧发电。由于曲靖本身拥有丰富的煤炭资源,企业为追求超额利润,可能会超规定比例(该项目煤添加比例为20%)增加用煤量,以增加热值同时增加发电量。由于在实际中很难监管这些煤和垃圾混烧发电的准确比例,会导致企业在享受国家的一些优惠政策(如上网电价、处理垃圾补贴)的同时,变相发展为火电厂,追求超额利润。

(3)垃圾焚烧产生的二噁英污染问题依然是社会各界关注的焦点。中科院大连化学物理所和中科院研究生院的科研团队做过一份垃圾电厂的调查,其结果显示:在调查的19个样本中,16个样本的二噁英排放达到国家环保部目前的标准,只有6个样本达到欧盟标准( $0.1\text{TEQng/m}^3$ )<sup>[5]</sup>。其原因是国内生活垃圾分类不如欧洲、日本细致,生活垃圾的发热量低,致使垃圾焚烧所产生的有害物质质量更多。近年国内先后已有北京、番禺等城市发生反对建设垃圾焚烧发电厂的行为,曲靖垃圾发电厂的运营也可能导致厂区周边居民因环境问题产生社会矛盾。

(4)该垃圾发电厂的服务范围为曲靖中心城区及周边沾益、马龙、富源3个县城。因中心城区同周边县城经济发展水平差距较大,目前各县城垃圾处理费(含清运费)标准较低,且为行政事业性

收费。而发电厂是按进厂的垃圾量采用相同标准结算补贴费用，并不考虑各地发展水平的差距，会导致各县城居民垃圾处理费负担的加重。

## 2.5 注重末端治理，阻碍了垃圾减量化等前端治理工作的开展

发达国家的历史经验和教训表明，符合城市可持续发展战略的垃圾管理思路是：垃圾管理视点前移，实施全过程的管理，赋予垃圾产生者责任，才能达到“减量化、资源化、无害化”的生活垃圾治理目标。如昆明市于2009年委托中协国际，采用其开发的“生态实时降解技术”（简称“GRBD”），使生活垃圾处理达到“全自动、全封闭、全实时、全资源、全清洁”的标准，确保垃圾处理过程中不再发生污染<sup>[6]</sup>，符合“生态城市”理念<sup>[7]</sup>治理城市垃圾污染的思路。推行垃圾分类政策，是被世界各国公认的最科学最环保的垃圾处理方式，“十二五”期间，垃圾分类政策将会在全国深入推广，从源头做到减量<sup>[8]</sup>。曲靖市也同国内多数城市一样，注重末端治理，宁愿投入上亿元建设垃圾发电厂，也不愿花千万元用于开展垃圾分类的宣传、实践。同时，全部采用焚烧方式处理垃圾，企业会要求政府确保一定数量的进厂垃圾（双方签订协议时的约定），且量越大越好，以获得更多补贴，进而影响了政府在垃圾分类这一主动的垃圾减量化工作上的积极性。

## 3 相关建议

(1) 加快环卫体制改革，分清政府与市场应各自承担的责任，制定促进城市垃圾处理市场化的配套政策，为垃圾处理的市场化提供体制保障。在垃圾处理的末端已实行市场化的基础上，应加快生活垃圾收集、运输环节的改革，真正将生活垃圾收集、运输和处置作为完整的城市垃圾处理“产业链”对待。同时要根据国家发改委、建设部、国家环保总局《关于印发推进城市污水、垃圾处理产业化发展意见的通知》精神，政府在长远规划中，把发展城市垃圾处理产业放在高度优先的位置，尽快出台《曲靖市生活垃圾管理办法》、《曲靖市生活垃圾处理费征收管理办法》等地方性配套法规，在政府政策的支撑下，实现垃圾处理的产业化、产业化发展。通过配套改革，将垃圾清运费和垃圾处理费合并征收，消除市民重复收费的误解。同时探索垃圾处理费搭靠城市自来水收费等方式，提高垃圾处理收缴率。针对周边马龙等县城经济发展水平差距大的实际，应研究制定科学的补

贴标准及方式。

(2) 转变生活垃圾管理思路 and 对策，以垃圾减量化、资源化为核心，从末端处理转变为主动控制减量和资源利用的全过程管理，走综合治理的道路。曲靖市的生活垃圾管理工作应摆脱某一阶段完全依赖焚烧发电或填埋一种唯一的处置方式，可借鉴昆明等城市经验，走综合治理的道路。政府应切实加大在宣传、垃圾分类等前端治理领域的投入。在采用最终无害化处理方法之前，应鼓励开展各种垃圾资源化利用研究，加大科研力度，在收集、运输的前端环节不断提高生活垃圾治理水平和垃圾资源化利用技术的产业化水平，利用循环经济的理念综合治理生活垃圾。2011年4月，国务院批转了住建部、环保部等16个部门《关于进一步加强城市生活垃圾处理工作意见》，明确要求促进源头减量，推进垃圾分类工作。提出到2015年，每个省（区）建成1个以上生活垃圾分类示范城市。50%的设区城市初步实现餐厨垃圾分类收运处理。到2030年，全国城市生活垃圾基本实现无害化处理，全面实行生活垃圾分类收集、处置。曲靖市人民政府要以此为契机，根据曲靖当地的生活垃圾特性、处理方式和管理水平，科学制定生活垃圾分类办法，动员全体市民积极参与，逐步推行垃圾分类。

(3) 环保部门加强对垃圾发电厂运行的日常监管。确保企业按批准的标准比例添加燃煤，使生活垃圾真正得到减量化处理。

### 参考文献：

- [1] 中国城市规划设计研究院. 曲靖市城市总体规划（2005 - 2020）（修编）[R].
- [2] 傅涛, 李建军. 市场化背景下的城市垃圾无害化和资源化的问题 [EB/OL]. <http://www.cn-hw.net>, 2008-02-29.
- [3] 常杪, 李建军, 傅涛. 固废绿皮书（之三）：中国城市生活垃圾处理的投资方式 [EB/OL]. <http://www.chinaenvironment.com/view/viewnews.aspx?k=20091013143258390>, 2006-07.
- [4] 李建军, 傅涛, 张进锋. 固废绿皮书（之二）：城市生活垃圾处理产业化改革和技术路线的选择 [EB/OL]. <http://www.chinaenvironment.com>, 2006-01.
- [5] 2010开工41座：垃圾发电“连环套” [EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/3988ee3383c4bb4cf7ecd122.html>, 2010-01-30.
- [6] 王小燕. 昆明垃圾找到大管家 [N]. 中国环境报, 2009-12-10.
- [7] 杨士弘. 城市生态环境学 [M]. 北京：科学出版社, 2003.
- [8] 钟为鸣. 固废绿皮书（之九）：迎接城市固废处理产业发展新机遇 [EB/OL]. <http://report.solidwaste.com.cn/2010/salon9/book.html>, 2010-12.

## Problems and Recommendations on Marketization of Domestic Waste Treatment in Qujing City

MA Yong - yu

(Qujing City Solid Waste Management and Disposal Center, Qujing Yunnan 655000 China)

**Abstract:** The existing problems on marketization of domestic treatment in Qujing are disclosed. The suggestions involving in system reformation and comprehensive treatment of the waste and so on are pointed out.

**Key words:** domestic waste treatment; marketization; comprehensive treatment

## 《环境科学导刊》 征稿简则

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynhjkx@yies.org.cn；电话（传真）：0871-4142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

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

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

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

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

《环境科学导刊》编辑部

# 固体废物填埋场的安全生产

张奉才

(曲靖市城市固体废物管理处置中心, 云南 曲靖 655000)

**摘要:**分析了固体废物填埋场存在的安全隐患, 提出了一些综合性安全防范措施。

**关键词:**安全生产; 隐患; 防范措施; 填埋场

**中图分类号:** X92      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0014-02

## 1 填埋场的安全隐患

### 1.1 人身事故隐患

填埋场内作业机械、垃圾清运车辆、工作人员众多, 容易发生机械伤人和交通事故。

### 1.2 火灾、爆炸事故隐患

填埋废物中有机成分发生厌氧分解产生大量的甲烷、硫化氢、二氧化碳和氨气, 当甲烷在空气中的浓度达 5%~15% 时就可能发生爆炸, 场内人员违规用火也会引发火灾事故。

### 1.3 污染事故隐患

填埋过程中产生的填埋气体和渗滤液中含有大量的有毒、有害物质, 若污染控制措施不当会造成二次污染, 对环境和人体健康威胁严重。

### 1.4 其他事故隐患

填埋中的不规范作业容易造成堆体坍塌, 破坏盲沟、导气石笼等设施事故, 若监管不严让非准入垃圾进入填埋场可能会引发火灾、爆炸、污染等事故。

## 2 填埋场的安全防范措施

安全生产必须坚持“安全第一, 预防为主”的原则, 因此加强填埋场安全生产管理, 必须从完善安全防范措施入手, 排除隐患, 防止和减少事故发生。

### 2.1 健全制度, 强化管理

以国家劳动保护、安全生产法律、法规为标准, 结合填埋生产中的实际需要, 制定安全生产管理标准和各项安全生产管理制度, 并严格按制度进行操作。严格管理, 严格执行, 落实措施, 责任到人。必须层级落实安全责任, 逐级签定安全生产责任书, 责任书要有具体的责任、措施、奖罚办法。对完成责任书各项考核指标、考核内容的部门和个人应给予精神奖励和物质奖励; 对没有完成考核指

标或考核内容的部门和个人给予处罚; 对于安全工作做得好的部门, 应对该部门领导和安全工作人员给予一定的奖励。有了完善的制度和管理, 才能从根本上排除隐患, 杜绝各类安全责任事故的发生, 对各类违规和事故责任者的处罚才能做到有章可循。

### 2.2 安全教育和培训

安全生产管理, 首先是对人的管理。安全教育对提高职工的安全生产思想认识和安全生产自觉性, 提高安全操作技术水平起着重要的作用。必须经常对职工进行安全生产的宣传教育 and 培训, 使职工树立和加强安全意识, 提高安全生产技能, 时刻注意和排除不安全因素, 真正做到人人皆知, 个个重视。

填埋场中人身事故的预防, 主要在于垃圾清运车辆和大型作业机械驾驶员的管理。针对填埋场各类驾驶员的不同操作, 如汽车、推土机、装载机、压实机、挖掘机、压路机等, 分别进行专业培训和统一学习, 围绕驾驶员应该知道和必须掌握的安全行车理论及相关知识, 驾驶员必备的心理素质、职业道德、交通法规知识等, 组织较为系统的学习和培训, 提高驾驶员的职业技能和规范行车、安全行车意识, 对行车中的不安全因素做到及时排除和善于排除, 可大大减少行车事故和人身事故的发生。

### 2.3 规范填埋作业

规范的填埋作业是安全生产的重要保障, 必须严格按照国家标准制定《生活垃圾卫生填埋技术操作规范》, 并严格实施, 规范填埋作业中作业单元的划分、作业层的高度、作业面的坡度、堆体边坡坡度、机械的作业方法、压实密度、覆土厚度、盲沟导气笼的铺设等技术指标, 实行规范作业, 以降低污染, 排除隐患。

### 2.4 污染事故防范

### 2.4.1 填埋气体的污染防治

填埋场应设有气体的输导、收集和排放处理系统,气体输导系统应设置横竖相通的排气管,排气管应高出地面1m,以采气和处理气体用,对填埋场产生的可燃气体达到燃烧值的要收集利用,对不能收集利用的要烧掉后排空。恶臭气体主要是生活垃圾中的厨余类垃圾和夏季大量的瓜果皮核等在微生物的作用下产生的 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{RSH}$ 等气体,对填埋场下风向的居民会产生影响,因此每天填埋的垃圾必须当天覆盖完毕,尽量减少裸露面积和裸露时间,并在填埋场四周种植绿化隔离带,防止臭气扩散。

### 2.4.2 垃圾渗滤液的污染防治

由于地表水和地下水的流入,雨水的渗入,垃圾、污泥本身的分解,必然会产生大量的渗滤液。这些渗滤液的污染物浓度高,成分复杂,数量大。如果不加以妥善处理,将直接或间接对邻近地面水系和地下水系造成污染。渗滤液的污染防治,应采用设置水平防渗和垂直防渗相结合的防渗层、雨污分流导排工程、渗滤液收集和处理工程等综合性措施。

### 2.5 火灾、爆炸事故的防范

甲烷在空气中的浓度达5%~15%时就可能发生爆炸,为此,日常的监测是非常必要的。填埋场应配备便携式沼气浓度监测仪,定期对相关部位进行沼气浓度监测。一旦发现沼气浓度超标,应及时处理。

在填埋场的主要部位要设置防火警示标志,填埋作业的车辆和工程机械必须备有灭火器,填埋作业区的各类人员严禁吸烟、生火。严格对进场人员、垃圾清运车辆进行检查,严禁携带火种的人员和垃圾中带有明火和暗火、爆炸性、传染性、放射性等非准入垃圾的车辆进入场内。

### 2.6 加强现场管理

安全部门要加强现场管理力度,对各生产环节可能存在的一切不安全因素要做到及时发现,及时整改,对在现场检查中发现的违章、违规行为要按规定严肃处理。定期进行群众性的安全生产大检查:查隐患、查措施、查落实。

### 2.7 制定重大事故应急预案

制定重大事故应急预案,是为了对可能发生的重大安全事故能迅速组织应急救援工作,最大限度地减少事故损失,保障生命安全和财产安全,应急预案内容应由以下部分构成:

(1) 重大事故应急机构和职责;

(2) 监测、预警、报告体系,对可能存在的问题做到早发现、早预防、早整治、早解决;

(3) 具体突发事件的应急措施,包括:爆炸火灾等重大安全事故、突发公共卫生事件、突发重大自然灾害等突发事件的应急措施。

### 3 结束语

安全生产是安全与生产的统一,其宗旨是安全促进生产,生产必须安全。搞好安全工作,改善劳动条件,可以调动职工的生产积极性,减少人员伤亡和财产损失,可以增加经济效益和社会效应,促进生产的发展;而生产必须安全,则是因为安全是生产的前提条件,没有安全就无法生产。因此,实现安全生产,是固体废弃物填埋场正常运行的重要保障。

#### 参考文献:

- [1] 中国安全生产协会注册安全工程师工作委员会. 安全生产法及相关法律知识 [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2008.
- [2] 赵由才, 龙燕, 张华. 生活垃圾卫生填埋技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

## Safety in Production of Solid Waste Landfill Site

ZHANG Feng - cai

(Qujing City Solid Waste Management and Disposal Center, Qujing Yunnan 655000 China)

**Abstract:** The safe risks of solid waste landfill site are analyzed, based on which, some comprehensive preventive measures are put forward.

**Key words:** safety in production; risk; preventive measures; landfill site

# 沾益县农村饮水安全建设经验与建议

朱知英

(沾益县水务局, 云南 沾益 655331)

**摘要:** 沾益县截止 2010 年底完成了 23.02 万人饮水安全建设任务。总结了农村饮水安全建设经验, 提出今后应加强建立良性管理机制, 建立社会化服务保障体系, 保护饮用水源, 推广参与式模式, 抓好农村人居环境整治和素质教育五方面建设。

**关键词:** 农村饮水; 安全建设; 经验; 建议; 沾益县

**中图分类号:** X93      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0016-03

## 1 沾益县水资源状况及安全饮水情况

### 1.1 水资源及利用情况

沾益县是一个典型的山区农业县, 国土面积 280.79 km<sup>2</sup>; 山区面积 2374 km<sup>2</sup>, 占全县总面积的 84.7%。境内多属构造侵蚀形成的岩溶丘陵地带, 夹山间坝子。由于山区面积大, 山区人口居住位置高, 水源位置低, 泉点外露少, 造成枯季 1 至 4 月份山区人畜饮水十分困难。全县水资源总量 27.39 亿 m<sup>3</sup>, 其中: 主水 10.09 亿 m<sup>3</sup> (地下水资源量 5.14 亿 m<sup>3</sup>, 地表水资源量 4.95 亿 m<sup>3</sup>), 客水 17.30 亿 m<sup>3</sup>。全县有中型水库 3 座, 总库容 1.395 亿 m<sup>3</sup>; 小(一)型水库 19 座, 总库容 0.53 亿 m<sup>3</sup>; 小(二)型水库 103 座, 总库容 0.28 亿 m<sup>3</sup>; 小塘坝 309 座, 总库容 0.11 亿 m<sup>3</sup>; 人畜饮水水池 2500 余件, 蓄水 0.02 亿 m<sup>3</sup>。年开采地下水 0.0502 亿 m<sup>3</sup>。已开发利用 2.39 亿 m<sup>3</sup>, 占主水总量的 23.7% (占地表水资源的 48.3%)。

### 1.2 安全饮水情况

自实施农村饮水安全建设以来, 全县共建农村饮水安全工程 6972 件, 总投资 6714 万元, 投工总数 89.77 万工日。解决了 23.02 万人饮水安全, 占农村人口 66.48%。剩余饮水不安全人口 11.6999 万人, 其中水质不达标 6.1302 万人 (氟超标人口 0.7885 万人, 苦咸水人口 0.1347 万人); 饮用未经处理的 IV 类及超 IV 类地表水人口 1.0244 万人; 饮用细菌超标未经处理地表水人口 1.1418 万人; 饮用污染严重, 未经处理的地下水人口 2.9471 万人; 其它饮水水质超标的人口 0.0937 万人。

## 2 农村饮水安全建设经验

### 2.1 坚持水资源规划先行是解决农村饮水安全建设的基础

水资源规划在农村饮水安全建设中起着导向和约束作用, 需强调水资源论证、配置和用水定额, 以《沾益县农村饮水安全建设规划》为依据, 兼顾生态、生产、生活综合效益。水资源规划要结合实际, 真正选好水源, 选好工程型式, 确定合理规模, 优化工程布局, 确保“建得成、用得起、管得好、长受益”。水资源论证是落实以水定产、以水定发展规模、以水选择项目的具体措施, 其关键环节是来水量和可供水量分析。新建蓄水工程或延伸管网进行水资源配置, 对于无条件建设骨干蓄水工程的地方, 要大力兴建雨水利用工程, 完善山区、半山区“五小”水利工程, 加大水资源蓄积量, 充分发挥水资源的有效性、可控性和可再生性<sup>[1]</sup>。确定用水定额, 以规范用水, 合理进行水资源配置、调度, 引导群众提高用水效益, 进而实现水资源的可持续利用, 即“以供定需”和“以需定供”的对立与统一, 强调配水方案, 用水定额为农村 55L/d·人, 城镇 120L/d·人。

### 2.2 充分发挥政府职能和群众潜力是农村饮水安全建设的保障

(1) 创新建设机制, 激发群众建设热情。农村饮水安全建设, 存在损害部分群众的林权、土地使用权和管理权等方面的利益, 有大量工作需要协调。为确保工程建设顺利, 探索出群众乐意建设的思想观念, 变“要我干”为“我要干”, 一是实践总结了“三项建设机制”(群众投工承诺制, 群众参与规划制, 工程建设公示制)来解决, 激发群众建设热情; 二是建立了工程回访制度和工程质量

收稿日期: 2011-06-14

作者简介: 朱知英 (1975-), 女, 工程师。主要从事水利工程勘测设计和施工工作。

追究制度作为项目建设的保障,总结项目得失与责任追究,加强技术储备与改进,增强责任心,提高群众满意率。

(2) 建立财政资金办水绩效评价机制。把农村饮水安全工程建设收益指标纳入地方政府绩效量化考核,强化群众利益指标,提升政府各服务部门的服务职能和约束力,完善相关部门决策支撑系统,加强能力建设,增强服务职能。扩大公众对投入、效益的监督力度,避免“肥肉上添膘”和重复投资,扩大受益范围。

### 2.3 做好资金筹措、项目建设和管护是农村饮水安全建设的关键

多方筹集资金,集中财力,把国家专项资金、扶贫资金和各级财政专项资金相结合,统一由财政主管部门管理使用,共同按规划项目实施。在农村饮水安全建设过程中,把好工程建设质量和进度、材料采购、资金使用、施工队伍选择、项目检查验收五个关口。水窖产权归建设农户所有,管护由农户自行负责,抓好降雨时机蓄水,清淤除泥,能较好地发挥效益。分散式供水适宜自主管理和“用水户协会+用水户”管理模式。集中式供水适宜“水管理单位+用水户协会+用水户”管理模式。

## 3 建议

### 3.1 建立良性管理机制

为确保农村安全饮水工程良性运行,必须解决好两个方面的问题:一是解决工程运行费、维修费和折旧费问题,必须有偿供水、计量收费。根据不同的工程形式、自然经济条件和用水习惯,各乡镇征收水费的标准各异,德泽乡 0.7 元/m<sup>3</sup>,菱角 1.0 元/m<sup>3</sup>,大坡乡 0.95 元/m<sup>3</sup>,炎方乡 1.2 元/m<sup>3</sup>。从收费情况和当地农村经济收入水平看,人均水费负担均低于当年人均收入的 2.8%,水费支出在当地群众承受能力范围内。二是要解决管理人员不断膨胀的问题。要改变过去传统的管理观念,引入竞争机制,竞争上岗,按需设岗,不能任人为亲,胡乱设岗。加强技术培训工作和新技术推广工作,具体由政府部门出钱,行业主管部门出技术,定期举行培训班,定期抽调人员进行培训,对工程的建设、维修、运行管理等方面的知识进行更新和提高。加强对管理人员的思想政治教育,培养管理人员的综合素质和管理能力,提高他们的服务意识和水平,不断总结经验,提高和改进管理方法、管理能力。

### 3.2 建立社会化服务保障体系

建立农村供水社会化服务保障体系,是工程建后管理的一项重要措施。农村安全饮水工程点多、面广,工程量大,特别是地处山区农村的单村工程和分散式工程,小水窖和小水池等微型工程,专业化管理程度低,最有必要建立完善的社会化服务保障体系。卫生部门、水行政主管部门和乡(镇)水务所要随时向供水单位和用水户提供技术服务,并定期抽查、检测供水水质。建立水质检验制度,对水源水、出厂水和管网末梢水进行水质检验。加强水源水质监测工作,根据不同的水源地种类,制定科学的化验程序,明确化验指标、化验周期等关键性指标,科学布设检测点,制定合理检测方案,及时公布检测结果。

### 3.3 保护饮用水源

搞好饮用水源保护工作是实现农村饮水安全可持续发展的的重要举措。对水源保护要加强对水源地水量的管理和保护工作,合理划定保护范围,并针对不同的水源地,科学分析和记录河水、库水、地下水 and 井水等水量影响因素的变化规律,及时采取保护措施;加强水源地水质的管理和保护工作,合理划定保护范围,设置卫生防护地带,严禁企业设置排污口;加强对水源工程设施的管理和保护工作,设立工程防护范围标志,定期对工程设施进行观测、维修、养护,并建档登记;对水源点划出保护范围,种植水源林,涵蓄水源,同时对所建工程周围的群众进行有关法律、法规知识的宣传,提高周围群众自觉维护水源的意识,使他们敢于抵制和制止一切破坏和污染水源的不法行为,再配合适当的工程措施和生物措施,保证水源相对稳定,可持续发展利用。

### 3.4 推广参与式模式

以国家投资为主,省、市、县加以配套为辅,但地方配套资金要到位。参与式模式是取消“两工”的突破口,农村饮水安全建设实践总结的“三项建设机制”,沿袭和继承了“民办公助”和村级“一事一议”筹资投劳政策,拓宽了投资渠道,解决投入缺位的问题。“五小”水利工程是解决农村饮水安全建设的普遍工程措施,虽点多面广,但技术简单,资金和劳力投入较少,而农村有大量剩余劳力,通过国家扶持给予必要的材料费用,群众自愿投工建设,可加快安全饮水建设进程。实践证明,凡是群众自愿建设的项目,都能加快建设进程。群众能够建得好、管得好,“物尽其用,人尽其力”。

### 3.5 抓好农村人居环境整治和素质教育

生活污水、人畜粪尿和垃圾是农村生活污染的主要来源。沼气建设可解决农村部分燃料和“烟锅厕、咳嗽厕”的问题<sup>[2]</sup>，应继续实施沼气建设项目，对有机废物资源化处理和综合利用，改变农村生活习惯和人居环境。要建立村庄保洁机制，对农村生产、生活垃圾定点堆放和贮存，进行无害化处理和利用，推广“村收集、乡镇运输、县处理”的垃圾处理模式。建立生态补偿机制，奖励农业无害化生产，限制生活含磷洗涤剂的使用等。扩大“两校进村”、“校地合作”力度，增强劳动技能的培养，促进富余劳动力向二、三产业转移，建立长

效稳定增收途径，稳步提高农村经济收入，改造人居环境。

### 4 结语

沾益县农村安全饮水安全建设是解决民生问题之一，将改观全县生产、生活、生态环境。在发扬已有成绩的基础上，应逐步改善现有缺陷和不足，致力于建设小康社会，加快新农村建设步伐。

#### 参考文献：

- [1] 范美师，何向英. 会泽县水资源状况及利用途径 [J]. 云南水力发电, 2010, (4).
- [2] 范美师，姜正作. 建设社会主义新农村的探讨 [J]. 中国水利, 2006, (5).

## Experiences and Suggestions on Drinking Water Safe Construction in Rural Areas of Zhanyi County

ZHU Zhi - ying

(Zhanyi Water Bureau, Zhanyi Yunnan 655331 China)

**Abstract:** The drinking water safe construction in rural areas of Zhanyi county which covers more than 230 thousands local people has been complicated in the end of 2010. The experiences on constructing safe drinking water facilities are summarized. The suggestions on strengthening healthy management system and social service system are pointed out to protect the drinking water source and improve the local environment and people's quality education.

**Key words:** drinking water in rural area; safe construction; experience; suggestion; Zhanyi

# 云南镇雄县珙桐新分布区及保护对策

刘 婧<sup>1</sup>, 李乡旺<sup>2</sup>

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

**摘 要:** 报道了云南镇雄国家 I 级保护植物珙桐新分布区的面积、数量及生态环境, 提出了相应的保护措施。

**关键词:** 珍稀植物; 珙桐; 新分布区; 保护

**中图分类号:** X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0019-04

## 1 基本情况

镇雄县位于云南省东北部, 地理坐标为 E104°18' ~ 105°19', N27°17' ~ 27°50'。东邻四川叙永, 南连贵州毕节、赫章, 西毗云南彝良, 北抵云南威信, 总面积 3696km<sup>2</sup>。地处云南高原向四川盆地倾斜地带, 地势南高北低, 境内山峦起伏, 沟壑纵横。最高点海拔 2416m; 最低点海拔 630m。属乌蒙山脉北段。全县石灰岩分布广泛, 岩溶发育, 多溶洞及暗河。河流属金沙江水系。暖温带季风气候, 年平均气温 11.3℃, 最热月 20.5℃, 最冷月 1.1℃; 活动积温 3186.6℃, 年均降雨量 914.6mm, 但干湿季明显, 湿季 (5~10 月) 降雨量为全年的 82.6%。冬半年昆明静止锋常在此摆动滞留, 阴冷多雪多雾。夏半年受北来冷空气影响, 温凉多雨。全年平均相对湿度 84%。年平均日照 1341h, 日照率 30%, 霜期较长 (无霜期仅 218.6d)<sup>[1]</sup>。总之, 全年气温不高, 雨天多, 冬春长, 秋夏不明显。地带性土壤为黄壤。全县总人口 1097093 人, 人口密度为 297 人/km<sup>2</sup>, 是云南人口第二大县, 人口密度的第一大县。

## 2 原有分布区概况

该县珙桐 (*Davidia involucre*) 原有分布区在县城西部海拔 1800m 以上乌蒙山区的湿润常绿阔叶林中, 集中分布地为袁家湾自然保护区及以拉自然保护区, 总面积 2319hm<sup>2</sup>。其中袁家湾自然保护区为省级自然保护区, 面积 1632hm<sup>2</sup>, 建于 1980 年, 以珙桐为主要保护对象; 以拉自然保护区为市级自然保护区, 建于 2003 年, 面积 685hm<sup>2</sup>, 以南方红豆杉等为主要保护对象。主要群落类型为峨眉栲、包石栎林。

## 3 新分布区概况

新分布区位于县城东部的塘房镇、林口乡, 面积约 200hm<sup>2</sup>, 珙桐数量约 2000 株。分布区人口密集, 农业发达, 林权多属集体, 林场属国有。

新分布区在云南植物区系中属泛北植物区、东亚植物区系、中国—日本森林植物亚区, 华中地区<sup>[2]</sup>、滇东北小区<sup>[3,4]</sup>。这一小区与四川盆地西南、贵州高原西部相似, 峨眉栲 (*Castanopsis platyacantha*)、包石栎 (*Lithocarpus glabra*) 等壳斗科植物成为了山地常绿阔叶林中的优势种, 木本落叶成分如中华槭 (*Acer chinensis*)、米心水青冈 (*Fagus engleriana*) 等占据了重要位置。我国特有杉木属中的杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、特有单种科杜仲科 (*Eucommiaceae*) 中的杜仲 (*Eucommia ulmoides*)、特有科珙桐科 (*Davidiaceae*) 中的珙桐 (*Davidia involucre*)、东亚特有科桃叶珊瑚科 (*Aucubaceae*) 中的特有植物峨眉桃叶珊瑚 (*Acuba emensis*) 在此分布。相对于云南高原而言, 有一系列植物地理替代现象: 峨眉栲代替了元江栲 (*Castanopsis orthacantha*), 包石栎代替了滇石栎 (*Lithocarpus dealbatus*), 马尾松 (*Pinus massoniana*) 代替了云南松 (*Pinus yunnanensis*), 峨眉桃叶珊瑚替代了枇杷叶桃叶珊瑚 (*Aucuba eriobotryae-folia*) 等。云南的“滇东北小区”是针对云南而言, 实际上它含盖在华中地区“四川盆地小区”中, 是盆地植物区系的延伸。

扣除栽培、引种及世界广布的属后参加分析属总数为 428 属 (限于篇幅名录从略), 其地理成分分析如表 1。分析属中, 热带成分占 50%, 温带成分占 48.6%, 中国特有成分占 1.4%。明显表现出亚热带的过度性质, 具区系成分复杂、地理联系广泛的特点。

表1 评价区种子植物属的地理成分

地理成分 (根据吴征镒, 1991)	属数	占总数/%
1. 世界分布	50	— — —
2. 泛热带分布	92	21.5
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	14	3.2
4. 旧世界热带分布	31	7.2
5. 热带亚洲和热带大洋洲分布	11	2.6
6. 热带亚洲和热带非洲分布	17	4
7. 热带亚洲分布	49	11.5
8. 北温带分布	92	21.5
9. 东亚和北美间断分布	32	7.5
10. 旧世界温带分布	24	5.6
11. 温带亚洲分布	6	1.4
12. 地中海、西亚至中亚分布	1	0.2
13. 中亚分布	1	0.2
14. 东亚分布	52	12.2
15. 中国特有分布	6	1.4
总计 (不含世界分布)	428	100

新分布区在云南植被分区中属亚热带常绿阔叶林区域, 东部湿润常绿阔叶林亚区域, 镇雄岩溶高原包石栎、峨眉栲、落叶栎类林区。主要群落为峨眉栲次生群落及茅栗、川灰木次生灌丛。与珙桐伴生的主要有峨眉栲 (*Castanopsis platyacantha*)、水青树 (*Tetracentron sinense*)、山楠 (*Phoebe chinensis*)、茅栗 (*Castanea seguinii*)、山吴芋 (*Euodia trichotoma*)、川灰木 (*Symplocos setchunensis*)、柔毛绣球 (*Hydrangea villosa*)、灰叶柃木 (*Swida paliophylla*)、大四照花 (*Dedrocalamus gigantea*)、中华槭 (*Acer sinensis*) 等植物。

群落样方用法瑞学派方法进行记述。多优度分为6级: 5、4、3、2、1及+。样地内某种植物盖度在75%以上为5; 50%~75%为4; 25%~50%为3; 5%~25%为2; 5%以下或个体尚多为1; 盖度很小, 数量也少或单株为+。群集度分5级: 5—集成大片而背景化者; 4—小群或大块者; 3—小片或小块者; 2—小丛或小簇者; 1—散生或单生者。群集度与多优度联用, 中间用小点隔开<sup>[5]</sup>。

峨眉栲次生群落主要分布在林口乡大海子林场1900m以上地段。群落高8m, 总盖度85%~95%, 乔木层盖度60%~70%, 灌木层盖度25%~30%, 草本层盖度15%~25%。群落以峨眉栲 (*Castanopsis platyacantha*) 为优势, 群落中主要有水青树 (*Tetracentron sinense*)、山楠 (*Phoebe chinensis*)、山吴芋 (*Euodia trichotoma*)、灰叶柃木 (*Swida paliophylla*)、大四照花 (*Dedrocalamus gigantea*)、中华

槭 (*Acer sinensis*)、川灰木 (*Symplocos setchunensis*)、柔毛绣球 (*Hydrangea villosa*) 等植物, 详见表2。

表2 峨眉栲次生群落样地表

地点	一碗水附近 大海梁 子山脊附近	一碗水附近 大海梁 子山脊附近	一碗水附近 大海梁 子山脊附近
土壤	山地黄壤	山地黄壤	山地黄壤
海拔	1967m	2000m	1980m
坡向	阴坡	半阴坡	阳坡
坡度	30°	30°	20°
样地面积	400m <sup>2</sup>	400m <sup>2</sup>	400m <sup>2</sup>
总盖度	95%	90%	85%
乔木层高	8m	7m	7m
乔木层盖度	70%	60%	60%
灌木层高	4m	3m	3m
灌木层盖度	30%	30%	25%
草本层高	2m	2m	0.9m
草本层盖度	25%	15%	15%
中文名	拉丁名	多优度、群集度	
乔木层			
峨眉栲	<i>Castanopsis platyacantha</i>	3.3	2.2 2.2
绒毛曼青冈	<i>Cyclobalanopsis gambleana</i>	1.1	1.1 +
水青树	<i>Tetracentron sinense</i>	1.1	1.1 +
山楠	<i>Phoebe chinensis</i>	1.1	1.1 1.1
西域旌节花	<i>Stachyurus himalacus</i>	+	+ .
山吴芋	<i>Euodia trichotoma</i>	1.1	1.1 1.1
灰叶柃木	<i>Swida paliophylla</i>	+	+ 1.1
红棕子	<i>Swida hemsleyi</i>	+	+ +
华西枫杨	<i>Pterocarya insignis</i>	1.1	1.1 +
中华槭	<i>Acer sinensis</i>	1.1	1.1 2.2
大四照花	<i>Dedrocalamus gigantea</i>	1.1	1.1 1.1
珙桐	<i>Davidia involucrata</i>	1.1	+ 1.1
猫儿屎	<i>Decaisnea fargesii</i>	1.1	+ +
灌木层			
川灰木	<i>Symplocos setchunensis</i>	1.1	1.1 1.1
滇刺楸	<i>Corylus ferox</i>	+	+ +
毛叶米饭花	<i>Lyonia villosa</i>	+	+ +
西南金丝桃	<i>Hypericum henryi</i>	+	+ +
柔毛绣球	<i>Hydrangea villosa</i>	1.1	1.1 1.1
大百花杜鹃	<i>Rhododendron decorum</i>	1.1	+ .
绢毛山梅花	<i>Philadelphus sericeus</i>	1.1	+ +
大关柳	<i>Salix daguanensis</i>	+	+ +
峨眉蔷薇	<i>Rosa omeiensis</i>	+	+ +
盐肤木	<i>Rhus chinensis</i>	+	+ +
泡花树	<i>Meliosmz cuneifolia</i>	1.1	1.1 1.1
米饭花	<i>Lyonia ovalifolia</i>	1.1	1.1 1.1
川南绣线菊	<i>Spiraea rosthonii</i>	+	1.1 +
小果千斤榆	<i>Carpinus cordata</i>	+	+ +

续表

中文名	拉丁名	多优度、群集度		
草本层				
丛生沿阶草 <i>Ophiopogon caespitosus</i>		+	1.1	1.1
扁竹兰 <i>Iris confusa</i>		1.1	1.1	+
毛箬方竹 <i>Chimonobambusa tuberculata</i>		+	+	+
两色鳞毛蕨 <i>Doyopteris bissetiana</i>		1.1	1.1	.
蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>		1.1	1.1	.
峨眉凤丫蕨 <i>Coniogramme emeiensis</i>		+	+	+
火绒草 <i>Leontopodium subulatum</i>		+	+	+
红果莎 <i>Carex baccans</i>		.	+	+
紫萁 <i>Osmunda japonica</i>		+	+	+
井口边蕨 <i>Pteris multifida</i>		1.1	1.1	+
中华金粉蕨 <i>Onychium pseudopharinosa</i>		+	+	+
石松 <i>Lycopodium japonicum</i>		+	+	+
翠云草 <i>Selaginella uncinata</i>		+	+	+
离舌囊吾 <i>Ligularia veitchiana</i>		+	+	.
层间植物				
栝楼		+	+	
川滇铁线莲 <i>Clematis clarkeana</i> <i>var. stenophylla</i>		+	+	+
猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i>		+	+	+
小花五味子 <i>Schisandra micrantha</i>		+	+	+
大叶白纸扇 <i>Mossaeada esguiroulii</i>		+	+	.
长春藤 <i>Hederanepalensis var. sinensis</i>		+	+	+
短梗菝葜 <i>Smilax cobinicaulis</i>		+	+	+
大瓦韦 <i>Lepisorus macrosphaerus</i>		+	+	.
柔软石韦 <i>Pyrrhosia mollis</i>		.	+	.

1900m 以下地段由于人口密集，群落被大面积扰动，出现了大量的次生灌丛，多数集体林或为“荒草地”。有珙桐分布的区域主要为茅栗、川灰木次生灌丛。

该类型主要分布在林口乡狗门口及塘房镇椅子寨一带山地。生境湿润但植被砍伐严重，群落呈萌生状。与珙桐伴生的主要有茅栗（*Castanea seguinii*）、山吴芋（*Euodia trichotoma*）、川灰木（*Symplocos setchunensis*）、柔毛绣球（*Hydrangea villosa*）等。珙桐在群落中呈萌生状，高度仅 1.5~2m。

#### 4 保护对策

(1) 镇雄县总面积 378500hm<sup>2</sup>，其中耕地 68647hm<sup>2</sup>（占总土地面积的 18.14%），有林地 16793hm<sup>2</sup>（占 4.44%），疏林地 1400hm<sup>2</sup>（占 0.37%），幼林 63753hm<sup>2</sup>（占 16.84%），灌木林 89700hm<sup>2</sup>（占 23.70%），其他 138207hm<sup>2</sup>（占 36.51%）。可以看出，岩溶裸岩、工矿城镇用地超过了总面积的 36.5%。这里自然条件较差，人

口数量为云南之最，群众生活较为贫困，为生产、生活需求长期向森林索取使“荒草地”及灌木林地面积日益扩大，造成了对生态环境及珙桐的破坏。发展县域经济，提高科学种田水平，开展多种经营，继续开展好计划生育，继续采取“以煤代柴”措施，不断改善民生是保护的根本之道。

表3 茅栗、川灰木次生灌丛样方表

	地点	狗门口	狗门口	狗门口
土壤		山地黄壤	山地黄壤	山地黄壤
海拔		1700m	1650m	1730m
坡向		半阴坡	半阴坡	半阳坡
坡度		25°	35°	30°
样地面积		150m <sup>2</sup>	150m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>
总盖度		80%	70%	75%
灌木层高		3m	3.5m	2.5m
灌木层盖度		55%	50%	60%
草本层高		1m	1.1m	0.9m
草本层盖度		30%	30%	25%
中文名	拉丁名	多优度		
灌木层				
茅栗 <i>Castanea seguinii</i>		2.2	2.2	1.1
川灰木 <i>Symplocos setchunensis</i>		2.2	2.2	2.2
山吴芋 <i>Euodia trichotoma</i>		1.1	1.1	1.1
珙桐 <i>Davidia involucrata</i>		+	+	+
西域旌节花 <i>Stachyurus himalacus</i>		+	+	+
西南金丝桃 <i>Hypericum henryi</i>		+	+	+
柔毛绣球 <i>Hydrangea villosa</i>		1.1	1.1	1.1
华西枫杨 <i>Pterocarya insignis</i>		+	+	.
滇刺榛 <i>Corylus ferox</i>		+	+	+
峨眉蔷薇 <i>Rosa omeiensis</i>		+	+	+
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>		.	+	+
小果千斤榆 <i>Carpinus cordata</i>		+	+	+
刺脑苞 <i>Aralia armata</i>		+	+	.
草本层				
西南沿阶草 <i>Ophiopogon maire</i>		+	1.1	1.1
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>		1.1	1.1	.
麟轴短肠蕨 <i>Allantodia hirtipes</i>		1.1	1.1	.
蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>		1.1	1.1	1.1
土大黄 <i>Rumex nepalensis</i>		+	+	+
火绒草 <i>Leontopodium subulatum</i>		+	+	+
紫萁 <i>Osmunda japonica</i>		+	+	+
离舌囊吾 <i>Ligularia veitchiana</i>		+		+
层间植物				
短梗菝葜 <i>Smilax cobinicaulis</i>		+	+	+
大瓦韦 <i>Lepisorus macrosphaerus</i>		+	.	.

(2) 新珙桐分布区有如下特点：①在国营林场中保存着乔木状的珙桐，这是林场有效管理的结

果；②在集体林或“荒草地”中保存着灌木状的萌生珙桐。显然，管理存在着真空地带。研究如何把相关保护政策宣传到位，诱导群众管好集体林，克服“我们这里水梨子（珙桐的俗称）多的是，那东西没啥用处”的思想，让群众自觉保护好珙桐是当前要做的课题。

(3) 进行建立保护区的可行性研究。

(4) 做好封山育林及巡山护林工作。

(5) 严格执法，打击砍伐破坏珙桐的犯罪分子。

参考文献：

- [1] 云南省气象局. 云南气候图册 [M]. 昆明：云南人民出版社，1982.
- [2] 吴征镒. 中国自然地理. 植物地理 [M]. 北京：科学出版社，1983.
- [3] 吴征镒. 云南植被 [M]. 北京：科学出版社，1987.
- [4] 吴征镒. 论中国植物区系的分区问题 [J]. 云南植物研究，1979，1 (1).
- [5] 金振洲，欧晓昆. 元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被 [M]. 昆明：云南大学出版社，2000.

## New Distribution and Protection Measures on *Davidia involucrata* Baill in Zhenxiong of Yunnan Province

LIU Jing<sup>1</sup>, LI Xiang-wang<sup>2</sup>

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

**Abstract:** The area and number of *Davidia involucrata* Baill distribution in a new region are introduced as well as the local ecological environment. Dovetree has been listed as national first-level protected plant. The counter-measures are pointed out to protect the habitat.

**Key words:** rare plant; *Davidia involucrata* Baill; new distribution region; protect

# 抚仙湖生态服务功能调查与评估

王林, 章新, 李红梅, 张晶晶, 申太波  
(玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100)

**摘要:** 对抚仙湖生态服务功能进行了一对一的相关专业技术人员问卷调查, 目的是了解专家对抚仙湖目前生态服务功能的评价, 以便对抚仙湖生态服务功能实施合理的保护与利用。调查结果显示: 抚仙湖生态服务功能权重指数以饮用水功能最高, 其他水产品、休闲娱乐功能决不能有损于饮用水功能; 抚仙湖目前还保持优美的自然生态系, 是人类开发高档休闲旅游的胜地, 已是直接或间接影响水体生态系统变化的隐患; 抚仙湖自然湖滨带已消失, 大型水生植物覆盖率很低, 所以抚仙湖生态服务功能很高, 但很脆弱。

**关键词:** 生态服务功能; 调查; 保护与利用; 抚仙湖

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0023-03

抚仙湖生态服务功能评估方案——专家问卷调查于 2010 年 10 月~11 月进行; 对抚仙湖所在地的玉溪市、澄江县、江川县等水利部门、旅游部门、国土资源部门、林业部门、农业部门、环保部门、湖泊管理部门、玉溪师范学院和澄江县中学的部分专家及教师分别进行现场问卷调查。

## 1 调查内容

调查内容主要包括 4 个方面, 即生态系统服务功能权重评价、游泳与休闲娱乐水域景观评价、湖滨带破坏情况评价以及湖滨带大型水生植物覆盖的比例评价。每个方面问题各有 5 个答案供专家选择, 专家同意哪个答案就在上面打钩或将相应的分值填写在相应的空格上。

## 2 调查方法

将专家问卷逐次带到受调查部门, 每个部门请部分专家现场对上述问卷内容的答案进行选择或打分。然后带回问卷进行统计分析。

## 3 调查结果及评价

收回专家问卷共 68 份, 经统计, 具有高级职称的 24 人, 占受调查专家的 35.30%, 中级职称的 44 人, 占 64.70%。女性专家 21 人, 占受调查

专家的 30.90%, 男性专家 47 人, 占 69.10%。专家年龄段情况见表 1。

表 1 专家年龄段情况表

专家年龄	人数	所占比例/%
30 岁以下	2	2.94
31~40 岁	18	26.47
41~50 岁	40	58.82
51~60 岁	8	11.76

专家所学专业或从事专业情况见表 2。

表 2 专家所学专业或从事专业情况表

专业	人数	所占比例/%	专业	人数	所占比例/%
环境	8	11.76	生物	8	11.76
农学	9	13.24	化学	5	7.35
林学	6	8.82	旅游	6	8.82
水利	5	7.35	水产	5	7.35
地理	9	13.24	其它	7	10.29

### 3.1 抚仙湖服务功能权重

各位专家针对抚仙湖饮用水、水产品、鱼类栖息地、休闲娱乐、湖滨带净化等几项主要的服务功能进行打分, 统计结果见表 3。

表 3 抚仙湖服务功能权重调查情况表

权重分类	打分结果说明 (本题总分 100 分)	总得分	平均分	所占比例/%
饮用水	最高分: 100 分 (1 人), 最低分: 0 分 (1 人)	2930	43.1	43.10
水产品	最高分: 40 分 (2 人), 最低分: 0 分 (8 人)	771	11.34	11.34
鱼类栖息地	最高分: 30 分 (6 人), 最低分: 0 分 (4 人)	948	13.94	13.94
休闲娱乐	最高分: 70 分 (1 人), 最低分: 0 分 (4 人)	1048	15.41	15.41
湖滨带净化	最高分: 45 分 (1 人), 最低分: 0 分 (3 人)	1113	16.37	16.37

由表3可知,专家对各项服务功能打分结果,饮水功能得分率最高,占43.10%,其次是湖滨带净化、休闲娱乐及鱼类栖息地功能得分率依次为16.37%、15.41%和13.94%。水产品功能位于最后,得分率是11.34%。各项服务功能权重比例如图1。

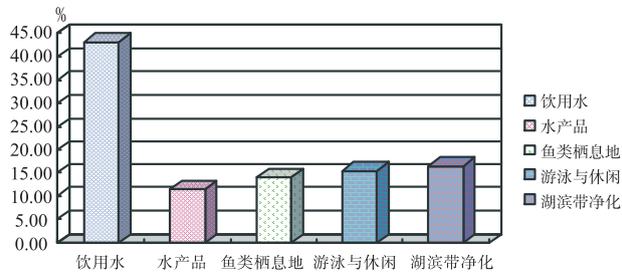


图1 抚仙湖各项服务功能权重比例图

由表5可知,认为抚仙湖湖滨带受到较大破坏及受到很大破坏的专家分别占41.18%和32.35%,比例最高。没有专家认为湖滨带几乎未受破坏。对湖滨带破坏情况看法不同的专家的比例如图3。

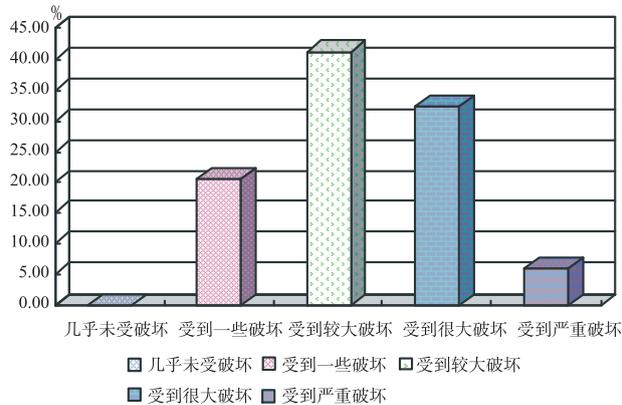


图3 对湖滨带破坏情况持不同看法的专家比例图

### 3.2 抚仙湖游泳与休闲娱乐水域景观的评价

抚仙湖游泳与休闲娱乐水域景观调查评价结果见表4。

表4 抚仙湖游泳与休闲娱乐水域景观评价调查情况表

评价等级及分值	很不好 (1分)	不好 (2分)	一般 (3分)	好 (4分)	很好很美 (5分)
评分人数	1	2	16	14	35
该项得分/分	1	4	48	56	175
人数比例/%	1.47	2.94	23.53	20.59	51.47

由表4可知,51.47%的专家认为抚仙湖游泳与休闲娱乐水域景观是很好很美的。认为一般及好的专家分别占23.53%和20.59%,只有1.47%的专家认为很不好。各评价等级所占的专家人数比例如图2。

### 3.3 抚仙湖湖滨带破坏情况评估

对抚仙湖湖滨带破坏程度调查结果见表5。

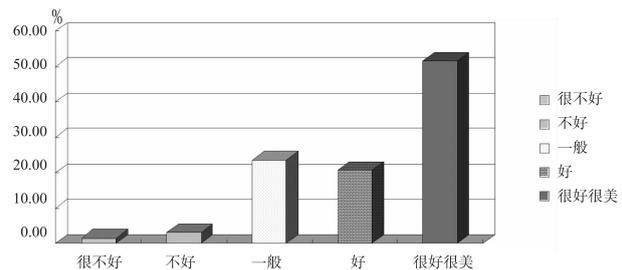


图2 抚仙湖各评价等级所占的专家人数比例图

表5 湖滨带破坏情况评估调查结果表

评价等级及分值	几乎未受破坏 (5分)	受到一些破坏 (4分)	受到较大破坏 (3分)	受到很大破坏 (2分)	受到严重破坏 (1分)
评分人数	0	14	28	22	4
该项得分/分	0	56	84	44	4
人数比例/%	0.00	20.59	41.18	32.35	5.88

### 3.4 抚仙湖湖滨带大型水生植物覆盖的比例评价

抚仙湖湖滨带大型水生植物覆盖率调查结果见表6。

表6 湖滨带大型水生植物覆盖的比例评价调查情况表

评价等级及分值	高 (5分)	较高 (4分)	一般 (3分)	较低 (2分)	低 (1分)
评分人数	0	6	15	41	6
该项得分/分	0	24	45	82	6
人数比例/%	0.00	8.82	22.06	60.2	8.82

由表6可知,认为抚仙湖湖滨带大型水生植物覆盖的比例较低的专家最多,占60.29%,认为一般的有22.06%,没有专家认为覆盖的比例高。对湖滨带大型水生植物覆盖比例持不同看法的专家比例如图4。

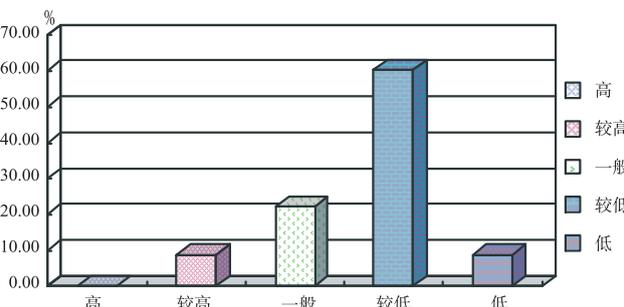


图4 对湖滨带大型水生植物覆盖比例持不同看法的专家比例图

## 4 讨论与分析

调查结果显示,在抚仙湖生态系统服务功能中的5项权重评价中,专家对饮水功能评分最高,说明抚仙湖的服务功能主要是饮用水源。而水产

品、鱼类栖息地、休闲娱乐和湖滨带净化各项服务功能的得分率都低，说明这些功能处于次要地位。

在游泳与休闲娱乐水域景观的评价调查中，认为很好很美的占 51.47%，而认为很不好、不好、一般和好各项的评分都没有超过 25%，说明抚仙湖水质清澈，景色迷人，是不可多得的游泳与休闲娱乐水域，是人们休闲、度假、旅游的胜地。

在湖滨带破坏情况评价调查中，认为受到较大破坏的占 41.18%，认为受到很大破坏的占 32.35%。由于历史的原因，抚仙湖自然的湖滨带

已不存在，“十五”及“十一五”期间对沿岸适宜湖滩实施了退塘、退田还湖建设湖滨带工程，抚仙湖近 20km 的湖滨带逐渐得到了修复。

在湖滨带大型水生植物覆盖的比例评价调查中，认为抚仙湖湖滨带大型水生植物覆盖的比例较低的占 60.29%，认为一般的占 22.06%。由于自然湖滨带大型水生植被受到较大的破坏，覆盖率已经降得比较低，近几年实施的一系列湖滨带工程，修复了抚仙湖环湖部分湿地生态系统，增强了湖泊自我保护健康体系。

## Investigation and Evaluation of Ecological Service Function of Fuxian Lake

WANG Lin, ZHANG Xin, LI Hong - mei, ZHANG Jing - jing, SHEN Tai - bo

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

**Abstract:** The questionnaire survey was conducted one to one by professional technical persons to find out what the experts evaluate the present ecological service function of Fuxian lake. The evaluation results showed that drinkable function has the highest weight index among the ecological service function of the lake, which need to be prevented from damage by aquaculture and recreation. With beautiful scenery, Fuxian lake becomes a high - quality tourism attraction, which affects aquatic ecosystem directly or indirectly. Fuxian lake has high but fragile ecological service function because littoral zone has vanished and the coverage rate of aquatic marophyte is very low.

**Key words:** ecological service function; investigate; protection and utilization; Fuxianhu lake

# 泸沽湖水生植被现状

谭志卫, 董云仙

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 通过2010年1a的调查, 得出泸沽湖水生维管束植物42种, 水生植被分布面积(除草海外)355hm<sup>2</sup>, 占湖泊总面积的7.09%; 资源量1.48万t, 其中, 春季1.23万t, 夏季2.43万t, 秋季2.16万t, 冬季0.11万t。

**关键词:** 水生维管束植物; 资源量; 现状; 泸沽湖

**中图分类号:** X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0026-07

## 1 泸沽湖生境特征与方法

### 1.1 自然条件概况

泸沽湖位于云南省西北部宁蒗县和四川省西南部盐源县的交界处, 地理坐标为东经100°45'~100°51', 北纬27°41'~27°45'。湖面海拔2689.8~2690.8m, 湖面面积51.1km<sup>2</sup>。泸沽湖属横断山系切割山地峡谷区, 横断山北段高山峡谷和滇东盆地山原区-滇西中山山原亚区交界地带。常年平均气温12.8℃, ≥10℃年积温3325℃, 极端最高气温30.0℃, 极端最低气温-8℃, 是一个永不冻结的湖泊。泸沽湖水体透明度5.0~12.5m, 平均8.2m; pH8.55, 偏碱性; 总硬度5.2°, 为软水; 总碱度57.8mg/L; 溶解氧含量高; 水体理化条件良好。

### 1.2 研究方法

根据项目要求, 本次研究和调查范围为除草海以外的部分。设置典型采样点14个; 时间为2010年1月、4月、8月、11月春、夏、秋、冬四季, 每次调查时间2d。

## 2 研究结果

### 2.1 种类组成与群落类型

泸沽湖水生维管束植物丰富, 计有42种(见表1泸沽湖水生植物名录), 其中, 蕨类植物3种, 双子叶植物14种, 单子叶植物25种。按照生活型分, 挺水植物12种, 浮叶和漂浮植物10种, 沉水植物20种。泸沽湖水生植物有如下特征: ①种类丰富, 成分交融, 以种子植物为主体; ②由岸边至湖水深处, 挺水植物—浮叶(漂浮)植物—沉水

表1 泸沽湖水生维管束植物名录

科名	中文名	拉丁名	生活型
萍科	田字萍	<i>Mariea quadrifolia</i>	浮叶
毛茛科	梅花藻	<i>Batrachium trichophyllum</i>	沉水
金鱼藻科	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	沉水
小二仙草科	狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>	沉水
蓼科	两栖蓼	<i>Polygonum amphyllum</i>	挺水
	辣蓼	<i>p. hydropiper</i>	挺水
伞形科	水芹	<i>Oenathe rivaluaris</i>	挺水
睡菜科	睡菜	<i>Menyanthes trifoliata</i>	挺水
泽泻科	野茨姑	<i>Sagittariasagittifoliassp. leucopetala</i>	挺水
黑三棱科	黑三棱	<i>Sparganium</i>	挺水
杉叶藻科	杉叶藻	<i>Hippuric vulgaris</i>	挺水
菱科	野菱	<i>Trapa incisa</i>	漂浮
	海菜花	<i>Ottelia acuminata</i>	沉水
水鳖科	波叶海菜花	<i>Ottelia acuminata var. crispata</i>	沉水
	黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>	沉水
眼子菜科	柳叶眼子菜	<i>Potamogeton compressus</i>	沉水
	菹草	<i>P. crispus</i>	沉水
	红线草	<i>P. pectinatus</i>	沉水
	马来眼子菜	<i>P. malainus</i>	沉水
浮叶眼子菜	穿叶眼子菜	<i>P. perfoliatus</i>	沉水
	浮叶眼子菜	<i>P. natans</i>	浮叶
茨藻科	大茨藻	<i>Najas major</i>	沉水
	小茨藻*	<i>N. minor</i>	沉水
香蒲科	香蒲	<i>Typha angustifolia</i>	漂浮
	青萍	<i>Lemna minor</i>	悬浮
浮萍科	品藻	<i>L. trisulca</i>	漂浮
	田字萍	<i>Marsilea quadrifolia</i>	漂浮
莎草科	紫萍	<i>Spirodela polyrhiza</i>	漂浮
	水葱	<i>Scirpus validus</i>	挺水
禾本科	李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	挺水
	芦苇	<i>Phragmites</i>	挺水
轮藻科	菱草	<i>Zizania caduciflora</i>	挺水
	丽藻	<i>Nitella spp.</i>	沉水
	轮藻	<i>Chara spp.</i>	沉水

收稿日期: 2011-05-24

基金项目: 泸沽湖水污染综合防治“十一五”规划重点项目之一: 泸沽湖生态系统研究。

作者简介: 谭志卫(1982-), 女, 汉族, 工程师, 生态学硕士, 研究方向: 湖泊生态。

植物演替系列较完整；③沉水植物群落多样性高；④有西南特征种海菜花群落分布；⑤泸沽湖特有种波叶海菜花群落在全湖范围内广泛分布；⑥还有北极-高山类型杉叶藻群落分布。

### 2.2 地理成分

泸沽湖水生植物的地理成分比较复杂多样。以吴征镒把中国种子植物科、属分为15个分布区类型和31个变型的资料为依据，可将泸沽湖的30属种子植物划分为7大分布区类型。其中：①世界分布的有 *Cerato pbyllum*、*Polygonum*、*Miriophyllum*、*Lemna*、*Hippuris*、*Callitriche*、*Bidons*、*sagitmria*、*Potamogeton*、*Nsjas*、*Scirpus*、*Eleocharis*、*Phrasmites* 等13属，占总数的46.4%，为该湖最主要的植物地理成分；②北温带分布的有 *Batrachium*、*Menyanthes*、*Veronica*、*Alisma*、*Sparsamillm* 5属，占17.8%；③泛热带分布的有 *Elatine*、*Ottelia*、*Echinochloa*、*Leersia* 4属，占14.3%；④旧世界温带分布的有 *Trapa*、*Hemerocallis* 2属，占7.1%；⑤旧世界热带分布的有 *Limnophila*、*Monchoria* 2属，占7.1%；⑥热带亚洲至澳洲分布的有 *Hydrina* 1属，占3.6%；⑦东亚和北美间断分布的有 *zbanial* 属，占3.6%。

### 2.3 分布现状

泸沽湖水生植被分布面积355.0hm<sup>2</sup>，占湖泊总面积的7.09%。从三大类植物群落类型来看，沉水植物分布面积占97.2%，浮叶和漂浮植物分布面积占2.7%，挺水植物分布面积占0.2%。泸沽湖水生植被分布状况见图1和表2。

表2 泸沽湖主要水生植被群落分布现状 (hm<sup>2</sup>)

类型	群落名称	春季	夏季	秋季	冬季	全年
挺水	芦苇群落	0.199	0.322	0.322	0	0.21
	水葱群落	0.090	0.118	0.105	0	0.08
	香蒲群落	0.231	0.433	0.395	0	0.26
沉水	狐尾藻群落	1.251	3.251	3.151	1.236	2.22
	红线草群落	0.976	0.985	0.756	0.520	0.81
	亮叶眼子菜群落	19.209	19.209	18.265	9.619	16.57
	波叶海菜花群落	170.253	181.359	179.169	100.659	157.86
	丽藻群落	123.162	129.336	128.199	75.624	114.08
浮叶	轮藻群落	59.534	61.619	61.619	30.876	53.41
	浮叶眼子菜群落	8.532	14.049	12.205	2.963	9.44
	野菱群落	0.070	0.070	0.070	0	0.05
总计		383.506	410.751	404.256	221.497	355.0

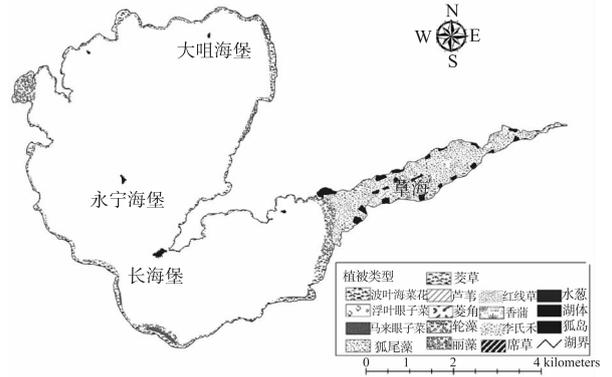


图1 泸沽湖水生植被分布现状图

### 2.4 群落结构特征

#### 2.4.1 挺水植物群落类型

泸沽湖挺水植物群落不发达，分布区域十分有限，分布在水位涨落影响的湖滨或沼泽化地段。

##### (1) 芦苇群落

本群落主要零星分布在亮海的西南部落水至长岛南缘，水深0.3~1.5m，在海岛旁侧则往往是大型的波积残积物堆积，芦丛扎根于石缝中，结构较简单，有时伴有茭草、水葱、波叶海菜花、辣蓼等植物。随着季季变化，芦苇群落外貌有一定差异。

春季：大部分植株萌发生长，分布水深1.2m以内，群落盖度5%~35%，平均覆盖度15%，新生植株未露出水面，长度10~50cm，露出水面的还有前一年的枯萎枝叶；单位面积生物量1500~2846.15g/m<sup>2</sup>，平均生物量为1992.46g/m<sup>2</sup>。

夏季：进入夏季芦苇生长迅速，分布水深1.5m以内，此时植株已露出水面并开花，长度1.5~2m，群落盖度大部分为100%，单位面积生物量2500~3986.17g/m<sup>2</sup>，平均生物量为3843.17g/m<sup>2</sup>。

秋季：进入秋季（10月），芦苇处于结果状态，一部分植株开始枯萎，群落盖度大部分为100%，单位面积生物量1350~3846.15g/m<sup>2</sup>，平均生物量为3004.35g/m<sup>2</sup>。

冬季：冬季芦苇基本已枯萎，群落呈现暗黄色，平均生物量为225.76g/m<sup>2</sup>。

##### (2) 水葱群落

本群落零星分布于湖泊四周的湖湾、河口两侧或浅滩中的洼地，群落分两层，上层优势种水葱有秆无叶，水上部分直立如葱，水下葡伏茎交织成网，群落边缘有时还有茭草侵入，群落下层为沉水植物，经常以波叶海菜花为主，此外还有狐尾藻、亮叶眼子菜、大叶眼子菜。

春季:大部分植株萌发生长,分布水深1.2m以内,群落盖度5%~30%,平均覆盖度12.5%,新生植株未露出水面,长度5~20cm;单位面积生物量80.56~200.50g/m<sup>2</sup>,平均生物量为139.67g/m<sup>2</sup>。

夏季:进入夏季水葱生长迅速,群落外貌暗绿色,分布水深1.5m以内,此时植株已露出水面并开花结果,高度1~2m,群落盖度大部分为100%,单位面积生物量150.65~410.25g/m<sup>2</sup>,平均生物量为383.90g/m<sup>2</sup>。

秋季:进入秋季水葱仍有部分处于结果状态,一部分植株开始枯萎,群落盖度大部分为100%,单位面积生物量135.10~320.97g/m<sup>2</sup>,平均生物量为339.05g/m<sup>2</sup>;单株高为1.5~2m,单株重为20~23g。

冬季:冬季水葱基本已枯萎,平均生物量为62.93g/m<sup>2</sup>。

### (3) 香蒲群落

香蒲和芦苇、水葱一样在整个湖泊中分布面积很小,主要零星分布在长岛南侧,水深0.3~0.8m,湖床有较厚的淤泥沉积。

春季:大部分植株萌发生长,分布水深0.8m以内,群落盖度5%~30%,平均覆盖度12.5%,新生植株未露出水面,长度5~20cm;单位面积生物量80.56~200.50g/m<sup>2</sup>,平均生物量为1167.97g/m<sup>2</sup>。

夏季:进入夏季水葱生长迅速,群落外貌黄绿色,分布水深1.5m以内,此时植株已露出水面并开花结果,高度1~2m,群落盖度大部分为100%,单位面积生物量480.48~3847.60g/m<sup>2</sup>,平均生物量为2234.18g/m<sup>2</sup>。

秋季:进入秋季,香蒲开始衰败,群落盖度85%~100%,单位面积生物量430.54~2305.63g/m<sup>2</sup>,平均生物量为2101.27g/m<sup>2</sup>。

冬季:冬季香蒲基本已枯萎,平均生物量为5g/m<sup>2</sup>。

### 2.4.2 浮叶植物类型

此类植物为生于浅水中,叶浮于水面,根长在水底土中的植物。菱、睡莲、眼子菜属等都是这方面例子。

#### (1) 野菱群落

本群落分布面积很小,主要分布在落水村和吕家湾子。菱角为单优势群落,成片生长,春季萌发,夏季开花,秋季果实成熟,冬季植株基本衰

败。春、夏、秋三季的生物量为338.11g/m<sup>2</sup>、885.71g/m<sup>2</sup>、888.25g/m<sup>2</sup>。

#### (2) 浮叶眼子菜群落

浮叶眼子菜群落为泸沽湖资源量第二大的植物群落,一般分布在水深5~10m,在13m水深处还有分布,基本在全湖都可看到,一些湖湾如凹垮湾、里格湾、小落水湾、张家湾子、三家村湾形成单优势群落。

群落外貌黄绿色,通常分为二层,上层为浮叶眼子菜占绝对优势,局部有狐尾藻加入,浮叶眼子菜其茎、枝长达5~13.2m左右,枝梢叶片密集,多在接近水面时倾伏,穗状花序顶生,花序梗稍膨大,粗于茎或等粗;小花黄绿色,多轮,开花时直立伸出水面,花后弯曲下垂沉入水中;下层为波叶海花的叶丛或无,丛间偶有黑藻、金鱼藻等穿插。周年中四季的变动情况为:

春季:群落盖度为30%~85%,单位面积生物量524.63~7479.33g/m<sup>2</sup>,平均生物量为3145.58g/m<sup>2</sup>。

夏季:植株开花,生长旺盛,群落盖度为85%~100%,单位面积生物量2071.01~12603.55g/m<sup>2</sup>,平均生物量为9142.77g/m<sup>2</sup>。

秋季:植株结果,部分植株出现衰败,群落盖度为85%~100%,单位面积生物量1632.13~9473.65g/m<sup>2</sup>,平均生物量为8118.64g/m<sup>2</sup>。

冬季:植株衰败严重,平均生物量为799.43g/m<sup>2</sup>。

### 2.4.3 沉水植物类型

沉水植物群落是泸沽湖植被的主体,在湖体四周和各个海堡周围封闭的环状分布。群落组成分子主要为眼子菜科、水鳖科,它们整个植物体都沉于水面之下,根固着于水底,所形成的群落有以下的类型:

#### (1) 波叶海菜花群落

本群落是泸沽湖分布面积最大的沉水植物,也是泸沽湖独具特色的一个群落,在全湖的四周和各个海堡周围成连续的带状出现,水深1~12.5m,湖底沙质或为石块堆积。

本群落一年四季都能在水面上见到,雌雄异株,黄蕊白花,撒遍湖边,海菜的叶丛深沉,在3~5m深水中,叶柄长达2.5m,叶片长达103cm,宽仅3~6.5cm,边缘波状卷曲,似锦带万卷,互相交织,铺成厚达3~4m的水下绿茵,浓密得全然不见湖底。由水面向下望去,恰似茂密的“水

下森林”。花葶长达5~6m,将花托出水面,结果后卷缩成弹簧状,倒卧在叶层。在叶层之上,还间生有无数的品藻,下层伴生有狐尾藻、马来眼子菜,在群落的最底层还有浓密的丽藻群落。周年中四季的变动情况为:

春季:群落盖度为30%~100%,单位面积生物量1065.09~12603.54g/m<sup>2</sup>,平均生物量为6628.33g/m<sup>2</sup>。植株高为0.5~0.95m,单株重112.5~200g。

夏季:植株生长最旺盛,花朵盛开,遍满湖湾,群落盖度为60%~100%,单位面积生物量2071.01~17500.00g/m<sup>2</sup>,平均生物量为7990.37g/m<sup>2</sup>。植株高为0.9~3.5m,单株重10~23.7g。

秋季:秋季和夏季的群落几乎没有变化,平均生物量为7939.58g/m<sup>2</sup>。

冬季:群落盖度为20%~80%,单位面积生物量55.321~960.55g/m<sup>2</sup>,平均生物量为946.92g/m<sup>2</sup>。

#### (2) 亮叶眼子菜群落

亮叶眼子菜主要分布在湖体的湖湾中,水深达2.3~8.3m,湖底质沙质。有时与波叶海菜花群落、浮叶眼子菜群落相伴生长,为此湖分布最深的植物群落之一。亮叶眼子菜叶形较大,茎枝长(约5~8m),枝梢叶片密集,多在接近水面时倾伏,有的群落夹杂着由水底叶从中伸出来的波叶海菜花,白花绿叶,相当美观。本群落主要的伴生种有黑藻、轮藻、菹草、金鱼藻等种类。周年中四季的变动情况为:

春季:群落盖度为20%~85%,单位面积生物量155.66~1005.26g/m<sup>2</sup>,平均生物量为914.12g/m<sup>2</sup>。

夏季:群落盖度为30%~100%,单位面积生物量1250.46~4600.45g/m<sup>2</sup>,平均生物量为3401.4g/m<sup>2</sup>。植株高为0.9~3.5m,单株重10~23.7g。

秋季:植株开始出现衰败景象,群落盖度为25%~100%,单位面积生物量560.31~2698.74g/m<sup>2</sup>,平均生物量为2328.00g/m<sup>2</sup>。

冬季:植株大部分已衰败,群落盖度为15%左右,单位面积生物量35.21~156.66g/m<sup>2</sup>,平均生物量为117.71g/m<sup>2</sup>。

#### (3) 狐尾藻群落

本群落主要分布在西部小鱼坝湖湾、北部里格

湖湾等处,通常面积不大,且与红线草群落相镶出现,水深0.5~6m,湖底粉沙质。伴生种有马来眼子菜、浮叶眼子菜、红线草、波叶海菜花、金鱼藻等。周年中四季的变动情况为:

春季:群落盖度为10%~60%,单位面积生物量530.126~10650.69g/m<sup>2</sup>,平均生物量为2214.15g/m<sup>2</sup>。

夏季:植株生长旺盛,群落盖度为50%~100%,单位面积生物量3846.15~11250.00g/m<sup>2</sup>,平均生物量为6832.14g/m<sup>2</sup>。

秋季:秋季与夏季相比,狐尾藻变化不大,群落盖度为35%~75%,单位面积生物量3054.01~20710.06g/m<sup>2</sup>,平均生物量为6541.96g/m<sup>2</sup>。

冬季:进入冬季一部分狐尾藻衰败,群落盖度为5%~35%,单位面积生物量462.65~8563.21g/m<sup>2</sup>,平均生物量为1147.57g/m<sup>2</sup>。

#### (4) 红线草群落

红线草主要分布在西部的小鱼坝,水深3~10m,湖底泥沙质或沙质,是泸沽湖中挺水植物分布面积较小的群落,群落数量少,常有波叶海菜花、狐尾藻等伴生。群落盖度从春季的10%至夏季的100%,平均生物量春、夏、秋、冬四季分别是3618.85g/m<sup>2</sup>、8675.14g/m<sup>2</sup>、5994.71g/m<sup>2</sup>、1005.62g/m<sup>2</sup>。

#### (5) 丽藻群落

本群落为泸沽湖分布最深的种类,分布水深5~20m或更深。丽藻分布面积在泸沽湖中排第二,除少数湖湾无分布外,基本上都有分布,在3~12m水深处,上层为波叶海菜花、浮叶眼子菜、亮叶眼子菜等,最底层丽藻占绝对优势,密密麻麻,恰似茂密的“水下绿茵”。周年中四季的变动情况为:

春季:群落盖度为10%~30%,平均生物量为2526.36g/m<sup>2</sup>。

夏季:植株生长最旺盛,群落盖度为90%~100%,单位面积生物量3550.30~11250.00g/m<sup>2</sup>,平均生物量为4119.73g/m<sup>2</sup>。单株长5.5~140cm,重0.3~10.5g。

秋季:群落盖度为90%~100%,单位面积生物量885.574~11250.000g/m<sup>2</sup>,平均生物量为3582.75g/m<sup>2</sup>。

冬季:平均生物量为93.00g/m<sup>2</sup>。

#### (6) 轮藻群落

本群落与丽藻并列为泸沽湖分布最深的种类,

分布水深与丽藻相当，其中以草海与亮海交接地带最为密集，形成单优势种。周年中四季的变动情况为：

春季：群落盖度为 10% ~ 30%，平均生物量为 1086.09g/m<sup>2</sup>。

夏季：植株生长最旺盛，群落盖度为 90% ~ 100%，单位面积生物量 3550.30 ~ 3846.26g/m<sup>2</sup>，平均生物量为 3562.21g/m<sup>2</sup>。单株长 3.5 ~ 85 cm，重 0.15 ~ 9g。

秋季：群落盖度为 90% ~ 100%，平均生物量为 3478.73g/m<sup>2</sup>。

冬季：平均生物量为 17.31g/m<sup>2</sup>。

(7) 丝状绿藻

在泸沽湖污染比较严重的湖岸如大落水、里格、大嘴村、杜家村、小落水、红崖子等分布着一圈绿色丝状藻类，一丝一丝形如头发，附着在岩石或漂在水面，形成一层薄薄的绿毯。

2.5 资源量动态变化

泸沽湖水生植被资源量 1.48 万 t，其中，沉水植物分布面积占 95.6%，浮叶和漂浮植物分布面积占 4.3%，挺水植物分布面积占 0.1%。各个季节水生植被蕴藏量为：春季 1.23 万 t，夏季 2.43 万 t，秋季 2.16 万 t，冬季 0.11 万 t。

2010 年四季泸沽湖水生植物资源量及分布面积动态变化见表 3。四季主要植物群落资源量见表 4。

表 3 泸沽湖水生植被资源量

(t)

类型	春季		夏季		秋季		冬季		全年	
	资源量	比例/%	资源量	比例/%	资源量	比例/%	资源量	比例/%	资源量	比例/%
挺水	6.79	0.1	22.50	0.1	18.33	0.1	0	0	11.91	0.1
沉水	11975.17	97.7	22975.46	94.6	20635.17	95.3	1074.19	97.8	14165	95.6
浮叶	268.62	2.2	1285.09	5.3	991.5	4.6	23.68	2.2	642.22	4.3
小计	12250.58	100	24283.05	100	21645.0	100	1097.87	100	14819.13	100

表 4 泸沽湖主要植物群落资源量季节变化表

(t)

类型	群落名称	春季	夏季	秋季	冬季	全年
挺水	芦苇群落	3.965	12.375	9.674	0	6.5
	水葱群落	0.125	0.453	0.356	0	0.23
	香蒲群落	2.698	9.674	8.300	0	5.17
沉水	狐尾藻群落	27.699	222.113	206.137	14.184	117.53
	红线草群落	35.320	85.45	45.32	5.229	42.83
	亮叶眼子菜群落	175.593	653.375	425.209	11.322	316.37
	波叶海菜花群落	7978.458	14491.252	13221.920	953.163	9161.2
	丽藻群落	3111.512	5328.278	4593.043	72.987	3276.46
浮叶	轮藻群落	646.592	2194.995	2143.545	17.308	1250.61
	浮叶眼子菜群落	268.381	1284.468	990.880	23.687	641.85
	野菱群落	0.236	0.620	0.620	0.000	0.37
	总计	12250.579	24283.053	21645.004	1097.88	14819.13

(1) 生物量随季节变化明显而冬季仍有一部分生物量的种类

从表 4 可以看出，水草资源随季节变化明显而冬季仍有一部分生物量的种类有：浮叶眼子菜群落、狐尾藻群落和红线草群落，它们的分布面积和资源量都有相应的变化。春季，植物处于萌芽状态，分布面积和生物量偏低；到了夏季，植被生长旺盛，分布面积和生物量都是全年最高的；秋季后期部分植被开始枯萎，但比例并不高，分布面积和

生物量稍比夏季降低；冬季大部分植物枯萎，分布面积和生物量是全年最低的。详情见图 2 狐尾藻面积与生物量数值图。

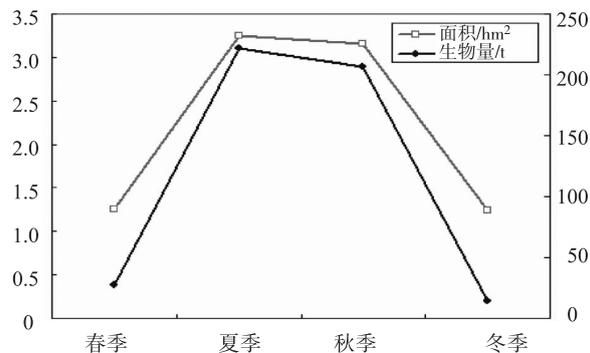


图 2 狐尾藻面积与生物量数值图

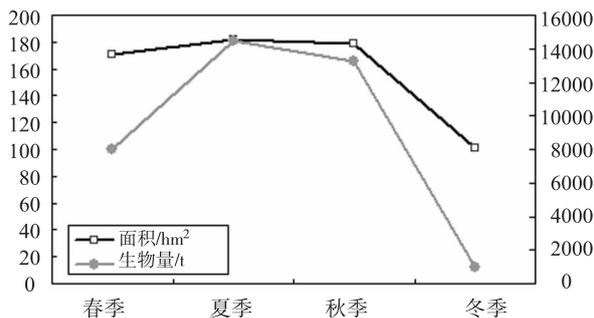


图 3 波叶海菜花面积与生物量数值图

(2) 春、夏、秋变化不大, 冬季明显变化的种类

从表4可以看出, 此类型的特征表现为, 春、夏、秋三季的面积相差不大, 数值非常接近; 在生物量上, 春季植物处于萌芽状态, 但仍有一部分植被是前一年的活体植株, 故生物量一般约能达到最大生物量的一半, 夏、秋两季生物量相差不大, 秋季比夏季略少, 冬季植物进入衰败期, 一部分植株衰败, 衰败约占夏季的一半, 达到生物量的最低谷。详情见图3波叶海菜花面积与生物量数值图。

(3) 生物量随季节明显变化的种类

从表4可以看出, 挺水植物和浮叶植物的菱角属于此类型。此类型植物的明显特征为全年四季的变化非常明显, 春季, 植株开发萌芽; 夏季, 植株生长到全年生物量最大阶段, 生物量和面积都是全年中最大的; 秋季, 部分植株开始枯萎, 生物量和面积与夏季相比略有降低; 冬季, 由于此类属于一年生的生物学特性, 在冬季的气候状况下, 全部植株枯萎, 生物量和面积都为0。详见图4。

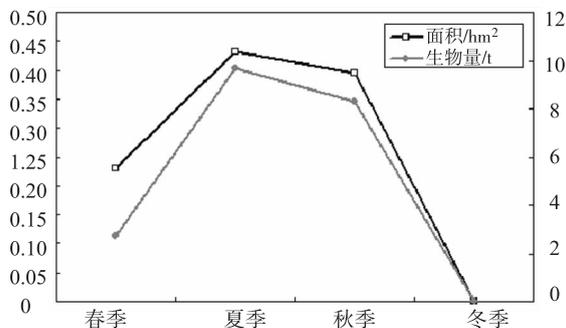


图4 香蒲面积与生物量数值图

### 3 讨论与结语

泸沽湖是亚热带的一个温带性的高山深水湖, 虽然地处偏远, 但由于近年来经济和社会的发展, 典型的高原湖泊自然风光和独特的摩梭母系民族文化吸引了国内外众多游客, 与此同时泸沽湖也受到了外界一定的影响。虽然水生植被种类与上个世纪相比没有减少, 但是在泸沽湖污染比较严重的湖岸如大落水、里格、大嘴村、杜家村、小落水、红崖子等分布着一圈绿色丝状藻类。

水生维管束植物42种, 水生植被分布面积355hm<sup>2</sup>, 占湖泊总面积的7.09%; 资源量1.48万t, 其中, 春季1.23万t, 夏季2.43万t, 秋季2.16万t, 冬季0.11万t。

针对泸沽湖水生植被现状, 特提出以下建议:

(1) 推进实施泸沽湖搬迁与安置工程, 控制人群活动在一定的空间范围内。

随着旅游业的纵深推进, 旅游的开发与生态环境构成一对最直接的矛盾。环境超载、污染超负荷、景观破碎化、珍稀鸟类栖息和繁育环境遭受干扰、外来物种入侵、生物资源破坏、文化资源难于传承等等问题将会凸现。要妥善处理开发与生态环境这一矛盾体, 依据泸沽湖自然条件, 排污管网等基础设施的建设条件受限, 又缺乏有效的技术手段与充足的资金支持人工净化污染物的情形下, 实施泸沽湖周边6个自然村搬迁与安置工程, 最高水位线2690.8m以上80m陆地范围退为生态用地, 控制人群活动在一定的空间范围内是最保险的选择。

(2) 人工控制浮叶眼子菜群落, 为波叶海菜花种群繁衍创造空间。

鉴于单优势群落浮叶眼子菜挤占波叶海菜花的现状, 建议在秋末冬初时节组织人力收割水草, 重点是凹垮湾、里格湾、小落水湾、张家湾子、三家村湾等浮叶眼子菜密集生长的湖湾。另一方面, 泸沽湖水生植被的生长已经达到顶峰, 沉水植物的分布已经达到其生理极限, 生长量和净化能力已经达到最大值。此时的生态系统管理应该以实现污染物收支平衡、保持生态系统的良性循环为目标。建议重点收割浮叶眼子菜的同时, 刈割水生植物(注意不能破坏水生植物根系), 从湖泊中带有有机物质, 减少有机物在湖泊中的累积量。如果入湖污染物得不到有效控制, 进入泸沽湖的污染物积累到一定程度并超过水草能力之时, 平衡的水生生态系统将因入湖污染物的驱动而被破坏, 过剩的营养盐势必引起附生藻类和浮游藻类大量繁殖, 导致湖水透明度下降, 沉水植物大面积衰败死亡, 腐烂分解释放出营养物质, 造成水质的骤变和生态灾变。这样的例子在洱海曾发生过, 在泸沽湖生态系统保护与管理中可资借鉴。

(3) 大力削减入湖污染物。

采取源头控污、森林保护、水土流失治理、旅游污染控制、河口水质净化区、污水治理工程等综合措施, 控制和减少入湖污染物。

#### 参考文献:

- [1] 李恒, 徐廷志. 泸沽湖水生植被考察 [J]. 云南植物研究, 1979, 1 (1).
- [2] 李恒. 横断山区的湖泊植被 [J]. 云南植物研究, 1987, 9 (3).
- [3] 阳小成. 泸沽湖的水生植被 [J]. 重庆师范学院学报(自然科学版), 1993, 10 (2).
- [4] 陈异晖, 赵祥华, 荆春燕. 泸沽湖流域可持续发展规划中的搬迁措施 [J]. 云南环境科学, 2003, 22 (增刊1).

## Current Status of Aquatic Vegetation in Lugu Lake

TAN Zhi - wei, DONG Yun - xian

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

**Abstract:** There are 42 species of aquatic vascular plants in Lugu lake by one whole year investigation in 2010. The distribution area is 355ha excluding Caohai, which is account for 7.09% of the total area of the lake. The resource amount is 14,800 tons, which is 12,300 tons in spring, 24,300 tons in summer, 21,600 tons in autumn, and 1,100 tons in winter.

**Key words:** aquatic vascular plants; resource amount; current status; Lugu lake



## 《环境科学导刊》杂志

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：[ynhjx@yies.org.cn](mailto:ynhjx@yies.org.cn)；电话（传真）：0871-4142389；国内统一刊号：CN53-1205/X；国际标准刊号：ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》（原《云南环境科学》）创刊于1982年，是云南省环境保护厅主管，云南省环境科学研究院主办，全国公开发行的环保科技期刊。本刊主要刊登环境科学学术性论文、环境科研报告及介绍环境工程应用技术的文章。主要栏目有：科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等。适合所有从事环境保护工作的人员和大专院校有关专业的师生阅读，也可供规划、农、林、水、土、卫生等部门的有关人员参阅。

《环境科学导刊》为双月刊，每双月25日出版，全年定价60元。读者可通过邮局汇款到本刊编辑部或通过银行转帐到云南省环境科学研究院订阅。

### 邮局汇款

邮政编码：650034

汇款地址：昆明市西山区气象路王家坝23号

收款人：《环境科学导刊》杂志社

电话：0871-4142389

### 银行转帐

开户名：云南省环境科学研究院

开户银行：建行昆明市西园南路支行

帐号：53001615637050309169

E-mail：[ynhjx@yies.org.cn](mailto:ynhjx@yies.org.cn)

# 纳板河流域国家级自然保护区 水资源质量分析初探

黄 瑞, 田茂兴

(纳板河流域国家级自然保护区, 云南 景洪 666100)

**摘 要:** 基于中德合作项目 LILAC (生命景观中国), 纳板河国家级自然保护区保护局与德国斯图加特大学及上海同济大学合作并于 2010 年 3 月和 7 月开展了两次水资源管理和保护的调研工作——“土地利用和水”子项目。项目的目的是研究保护区内种植橡胶及经济作物对水资源的影响。本文通过此次调研获得的数据, 对纳板河水资源质量进行了初步评价。

**关键词:** 水资源; 调研; 质量评价; 纳板河保护区

**中图分类号:** X82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0033-04

## 1 纳板河流域国家级自然保护区概况

纳板河流域国家级自然保护区位于西双版纳傣族自治州州府景洪市西北方向与勐海县接壤处, 总面积 266km<sup>2</sup>, 是我国第一个按小流域生物圈保护区理念进行规划的多功能复合型自然保护区, 保护区内动植物资源十分丰富。保护区坚持以保护为中心, 保护、科研、示范相结合。区内山林权属不变, 行政区划不变, 居民不搬迁。区内有 33 个自然村, 总人口 5853 人 (截止 2009 年底), 主要有傣、哈尼、拉祜、布朗、汉等民族。

纳板河保护区内人为活动频繁。长期以来, 人们因重视开发利用、发展经济, 大量种植橡胶及其它经济作物, 使得森林在生态平衡中的主体地位不断被削弱。作为小流域自然保护区, 水资源在保护区的建设和管理中占有极为重要的地位。为了了解纳板河水资源质量状况, 对纳板河河水进行了调研。

## 2 调查方法

### 2.1 取样点的选择

取水样点 1 (以下简称 P1): 3 月份选在位于过门山管理站再往上 15min 车程的纳板河上游。在上游的集水区范围内已经没有任何橡胶树的种植, 但是存在少量的茶叶种植, 这里作为参照点。在 7 月份的第二次调研中, 因为取水点附近的施工不再取样。

取水样点 2 (以下简称 P2): 位于纳板河大糯有, 桥上 50m 左右, 在这里有少量的橡胶树种植, 此监测点作为被橡胶树轻度污染的选点。

取水样点 3 (以下简称 P3): 位于种植场桥下 50m 左右, 这里处在纳板河的中游, 此监测点作为被橡胶树中度污染的选点。

取水样点 4 (以下简称 P4): 位于曼费桥上 100m 左右, 这个监测点作为纳板河下游以及被橡胶树重度污染的选点。

取水样点 5 (以下简称 P5): 3 月份选在南回苍河上游橡胶林种植和天然林的交界处, 作为第二个备选参照点。在 7 月份的调研中, 出现了大规模的水稻种植, 取点被破坏, 因此这里不再作为备选参照点。

取水样点 6 (以下简称 P6): 位于农场十四队曼点河, 作为唯一的纳板河大的支流水质监测点, 而且曼点村周围种植有大量橡胶, 取水点上 100m 还有一个收胶水点。

### 2.2 取样及分析方法

(1) 取水样方法: 在河水中间水下 20cm (如果不足 20cm, 取在水深一半处), 两岸没有取样。取样时, 水质分析用的是 1L 的塑料瓶, 农药分析用的是 2.5L 的棕色玻璃瓶。

(2) 水质物理参数分析: 携带便携式仪器现场直接测量常规物理参数水温、pH 值、溶解氧、电导率和浊度。

(3) 水质化学参数分析: 先在取水样点现场取 1L 水样, 冷藏保存后送到研究站, 再借助哈希消解仪和哈希分光光度计进行样品分析。化学参数包括: 化学耗氧量、总磷、总氮、磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、总硬度、硫酸盐、氰化物和氨氮。

(4) 农药分析: 先在取水样点现场取 2.5L 水

样,冷藏保存后送到研究站,通过真空泵抽吸和农药堵截滤芯的配合,农药残留物会吸附在滤芯内的聚合物内,在滤芯干燥后做进一步质谱分析得出农药残存的浓度和成分。

### 3 分析结果

#### 3.1 河水的物理状态

表1~表3分别显示了2010年3月25日、3月30日和7月1日3个取样日期对应的各取水样点物理性质的测量数据。

表1 河水物理性质测量数据

2010年3月25日	P1	P2	P3	P4	P5
时间	9:00	11:00	12:30	13:30	16:50
温度/°C	15.0	19.8	22.3	23.2	21.9
pH值	6.7	6.7	6.3	7.5	6.9
溶解氧/mg·L <sup>-1</sup>	7.6	7.9	8.1	7.8	7.3
电导率/μS·cm <sup>-1</sup>	90	147	131	142	88
浊度(NTU)	*	0.8	1.3	2.1	0.8

\*: 未测量

表2 河水物理性质测量数据

2010年3月30日	P3	P4	P5	P6
时间	9:30	10:15	11:05	10:05
温度/°C	18.3	18.7	17.8	18.6
pH值	7.2	7.0	6.8	6.6
溶解氧/mg·L <sup>-1</sup>	8.3	8.2	8.2	7.7
电导率/μS·cm <sup>-1</sup>	125	128	88	178
浊度(NTU)	9.5	15.8	3.9	19.5

表3 河水物理性质测量数据

2010年7月1日	P2	P3	P4	P6	P5
时间	15:45	18:15	10:15	17:28	11:00
温度/°C	26.9	28.7	25.1	27.5	24.5
pH值	8.3	8.0	7.9	7.7	7.7
溶解氧/mg·L <sup>-1</sup>	7.6	7.0	7.3	7.2	7.3
电导率/μS·cm <sup>-1</sup>	166	145	150	238	88
浊度(NTU)	*	41.6	19.5	152.0	*

\*: 未测量

表中数据显示:

pH值:除了在3月25日的P3测量出的pH值为6.3,其余各点的pH值都位于德国和中国表面水环境质量标准规定的6.5~8.5的范围之内。

溶解氧:3月份的各检测点溶解氧在7.29~8.11μmg/L,7月份则位于6.84~7.61mg/L。3月份和7月份监测出的溶解氧溶解度基本都位于90%以上,属于氧气溶解比较充分的范围,且都大于德国表面水质量标准规定的二类标准(>6μmg/L)。7月份的溶解氧浓度略小于3月份的,是由于

7月份温度偏高导致溶解氧溶解度下降,属正常现象。

电导率:取水样点的电导率最高值到238μS/cm,满足中德两国质量标准,但是按照高低可以大致分为3个数量级别:①P1、P5处的电导率最低<90μS/cm;②P2、P3和P4处的电导率属于中间级别,为131~147μS/cm(3月份的取样)以及139~166μS/cm(7月份的取样);③P6的电导率最高,分别达到178和238μS/cm。

浊度:所有取水样点的浊度显示出和电导率相对应的数值:P5最低;P2、P3和P4居于中间;而P6浊度最高,达到152NTU。

由以上的电导率和浊度的数据可以看出,在曼点河的下游,由于大规模地种植橡胶树和其它的经济作物,水土流失相对其它各点要严重很多。而参照点(或者轻度污染区)的电导率和浊度都较低,此处的水土流失情况明显要低很多,显示出植被对土壤保持在一个相应较好的状态。

#### 3.2 河水的化学状态

表4到表6分别显示了2010年3月25日、3月30日和7月1日3个取样日期对应各取水样点化学性质的检测数据。

表4 河水化学性质检测数据 (mg/L)

2010年3月25日	P1	P2	P3	P4	P5
时间	9:00	11:00	12:30	13:30	16:50
磷酸盐-磷	0.16	0.22	0.24	0.10	0.17
硝酸盐-氮	0.4	0.4	< 0.3	< 0.3	< 0.3
亚硝酸盐-氮	< 0.002	0.005	< 0.002	< 0.002	< 0.002
化学耗氧量	7	7	5	5	8
氨氮	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02
硫酸盐	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

\*: “<”表示“小于检测限”。

表5 河水化学性质检测数据 (mg/L)

2010年3月30日	P3	P4	P5	P6
时间	9:30	10:15	11:05	10:05
磷酸盐-磷	0.12	0.27	0.13	0.14
硝酸盐-氮	0.3	0.4	< 0.3	0.4
亚硝酸盐-氮	*	*	*	0.007
化学耗氧量	6	7	6	11
氨氮	*	*	*	0.07
硫酸盐	*	*	*	15
总磷	0.58	1.08	0.65	0.15
总氮	1.4	1.7	1.0	1.0

\*: 未测量

\*: “<”表示“小于检测限”。

表6 河水化学性质检测数据 (mg/L)

2010年3月30日	P2	P3	P4	P6	P5
时间	15:45	18:15	10:15	17:28	11:00
硝酸盐-氮	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0.4	0.6
亚硝酸盐-氮	< 0.002	0.002	0.003	0.015	*
化学耗氧量	6	14	< 5	8	7
氨氮	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.04	< 0.02
硫酸盐	2	3	4	3	2
总磷	0.12	0.45	0.06	0.22	0.17
总氮	< 0.5	1.2	0.5	2.3	0.5

\* : 未检测。

\* : “&lt;”表示“小于检测限”。

在3月份和7月份的两次调研当中,所有取水样点的硝酸盐-氮、亚硝酸盐-氮、化学耗氧量、氨氮、硫酸盐和总磷都远小于表面水环境质量标准的一类或者二类标准,或者无法检出,因此以上数据可以看做代表了“良好到非常好的河水化学状态”。

相反,总磷和磷酸盐-磷的浓度在多个取水样点都高出了质量标准的二类水标准(分别为0.15 mg/L和0.10 mg/L),只能达到三到四类水标准,甚至超过五类水标准。造成总磷和磷酸盐-磷超标的原因主要有:

(1) 居民废水和蓄养家禽家畜的废水排放。

(2) 施肥和农田灌溉:在每年的2月至10月是保护区的主要施肥季节,其中氮肥和磷肥在土壤

中大量富集。由于农田作物和橡胶种植大都集中在河水边,氮磷等营养物质会随着农田的排水系统直接流入河水中污染河水,或者慢慢渗透进入河水,如果遇到大雨,营养物质会大量的流入河水中。

超标的总磷和磷酸盐-磷会导致河水中营养物质的浓度过高,影响到下游回水区的河水营养物质浓度的分布并可能会导致回水区的藻类大量繁殖,因此必须采取有效的措施来减少总磷和磷酸盐-磷的排放。

### 3.3 农药和微量有机物质

在两次调研当中,很多空的农药瓶被发现丢弃在橡胶和经济作物的种植区域。农药主要被使用在每年的2月至10月,一定程度上会对人体和水生生物造成影响。

在3月份的调研当中,在P2、P3、P4和P5都发现了如下的微量有机物质:

(1) 4-壬基苯酚(最高浓度0.5 $\mu\text{g/L}$ ,在欧洲被禁止使用,但是在中国还是被广泛使用):被用于农药配水的表面活性剂,抗氧化剂和杀菌剂等。

(2) 邻苯二甲酸二辛酯(DEHP)(最高浓度0.4 $\mu\text{g/L}$ ):被用于软化剂或者家用的某些聚合物材料。

(3) 喹啉、萘和甲基萘(最高浓度0.18 $\mu\text{g/L}$ ):主要来源于公路交通,车辆磨损和燃烧等。

表7 检测到的微量有机物质的浓度

(  $\mu\text{g/L}$ )

	3月25日				3月28日			
	P2	P3	P4	P5	P2	P3	P4	P5
4-壬基苯酚	0.20	0.28	0.41	0.27	*	0.54	*	0.49
邻苯二甲酸二辛酯(DEHP)	0.10	0.16	0.17	0.13	*	0.22	*	0.41
喹啉	0.01	0.02	0.02	0.01	*	0.06	*	0.06
萘	0.11	0.13	0.18	0.08	*	0.01	*	0.01
甲基萘	0.03	0.09	0.05	0.03	*	< 0.01	*	< 0.01

\* \* : 未测量。

\* : “&lt;”表示“小于检测限”。

3月检测到的微量有机物质的浓度(除了4-壬基苯酚)都小于允许的年平均浓度。4-壬基苯酚的检出浓度虽然超过了允许的年平均浓度(0.3 $\mu\text{g/L}$ ),但是远小于允许的即时最大浓度(2 $\mu\text{g/L}$ )。因为没有测量农药的年平均浓度,所以暂时不能对4-壬基苯酚的浓度评判为超标。

在3月份的调研当中,没有农药被检出,而7月份的调研当中,在P3、P4、P5、P6各自取样进行

了检测。

检测到的农药:

(1) 阿特拉津(最高浓度0.02 $\mu\text{g/L}$ ,对水生生物有毒性);

(2) 扑灭津(最高浓度0.01 $\mu\text{g/L}$ ,对水生生物有毒性);

(3) 二苯胺(最高浓度0.10 $\mu\text{g/L}$ ,对水生生物有毒性);

(4) 丁草胺 (最高浓度 5.60  $\mu\text{g/L}$ , 对水生生物有极高毒性);

(5) 五氯酚 (最高浓度 0.02 $\mu\text{g/L}$ , 对水生生物有极高毒性)。

检测到的微量有机物质:

(1) 4-壬基苯酚 (最高浓度 2.52 $\mu\text{g/L}$ );

(2) 邻苯二甲酸二辛酯 (DEHP) (最高浓度 18.71 $\mu\text{g/L}$ );

(3) 喹啉, 萘和甲基萘 (最高浓度 0.08 $\mu\text{g/L}$ )。

表8 检测到的农药和微量有机物质的浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )

		7月1日			
		P3	P4	P5	P6
微量有机物质	4-壬基苯酚	0.35	1.11	0.37	0.16
	邻苯二甲酸二辛酯 (DEHP)	0.31	18.71	0.29	0.25
	喹啉	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01
	萘	0.02	0.01	0.03	0.02
	甲基萘	0.35	1.11	0.37	0.16
农药	丁草胺	< 0.01	5.60	< 0.01	0.45
	五氯酚	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01
	阿特拉津	< 0.01	0.02	< 0.01	0.02
	扑灭津	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01
	二苯胺	0.04	0.02	0.05	0.03

\*: “<”表示“小于检测限”。

从表8可以看出: 4-壬基苯酚、邻苯二甲酸

二辛酯 (DEHP)、甲基萘和丁草胺的浓度在部分河流段的浓度高于限值, 尤其在 P4, 这也显示出在纳板河的下流农药用量要远远高于其他河流段。施用于橡胶树和其他经济农作物的农药对河水水质也产生了比较严重的影响, 有些水样中的农药浓度甚至超过标准值的 50 倍 (如丁草胺), 超标的农药浓度会危害到当地居民的用水安全和河流中鱼类的生存, 从而危害到水生态的保持。

在 7 月份的水样分析中检测出了农药的浓度, 而且部分区域的浓度超标严重, 也反映出在 7 月份的农药使用强度要大大高于 3 月份。

#### 4 结论

(1) 河水中的总磷和磷酸盐 - 磷超标比较严重, 反映出当地居民生活或者农业施肥的废水排放超标情况严重, 影响到下游回水区的水质并可能引发回水区的藻类植物的过快繁殖;

(2) 曼点河下游的水土流失因为大规模的橡胶和经济作物的种植比较严重;

(3) 在 7 月份的农药检测中部分农药和微量有机物质严重超标, 超标的农药浓度会危害到当地居民的用水安全和河流中鱼类的生存, 从而危害到水生态的保持;

(4) 鉴于以上几点, 建立一个水资源保护的多学科的管理体系以及对当地百姓的水资源保护的培训是非常必要的。

## Preliminary Discussion on River Water Quality Analysis in Nabanhe Watershed National Nature Reserve

HUANG Rui, TIAN Mao-xing

(Nabanhe Valley National Nature Reserve, Jinghong Yunnan 666100 China)

**Abstract:** Based on the Sino-German cooperation project "LILAC (Living Landscapes China)", the protection bureau of Nabanhe Watershed National Nature Reserve carried out the investigation water resources protection and management in March and July of 2010, jointly with the University of Stuttgart (Germany) and Tongji University (China). The aim of the subproject "Land Use and Water" is to estimate the influence of large-scale cultivation of nature rubber and other cash crops on water resources. The first assessment of river water quality in Nabanhe Watershed National Nature Reserve is made through the results of the both field visits.

**Key words:** water resource; investigate; quality assessment; Nabanhe nature reserve

# 大朝山水电站库区污染成因及防治对策

贾志翔

(临沧市环境监测站, 云南 临沧 677000)

**摘要:**就大朝山水电站库区水环境状况及其成因进行了分析, 探讨了控制污染对策。

**关键词:** 河流型水库; 污染成因; 污染防治; 大朝山

**中图分类号:** X52      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0037-03

临沧水能资源丰富, 境内河流分属于澜沧江和怒江两大水系, 是亚洲独具特色的水电基地。已建成小湾、漫湾、大朝山 3 座百万千瓦级水电站。大朝山水库位于小湾和漫湾水库下游, 属于典型的人工河流型水库, 设计库容 9.4 亿  $m^3$ , 正常蓄水位对应库容 7.4 亿  $m^3$ , 死库容 3.73 亿  $m^3$ , 库区长 91.25km。10 年监测资料显示大朝山水库水质一直保持在Ⅲ类水质标准, 达到水功能区划要求。

随着社会经济的发展, 大量的污染物进入大朝山水库, 水库水质虽然还保持在Ⅲ类, 但较过去有下降的趋势。2010 年 8 月临沧市环境监测站监测资料显示, 大朝山水库大坝浅层水 TP 浓度为 0.171mg/L, 深层水 TP 浓度为 0.182mg/L。如果用湖、库水评价, 大朝山水库大坝前水质就为 V 类水。最近几年在夏季期间, 库区局部区域水面出现红色的油状漂浮物, 经检定为蓝藻死亡后的残留物。这进一步说明水库水出现富营养化, 水质有所下降。有关部门对此非常重视。

基于目前对河流型水库的认识还有欠缺; 河流型水库污染机理复杂, 专门研究和防治河流型水库污染的相关论著和防治措施还不全面。我们有必要进行深入认真的调查分析, 找出症结。

## 1 水质污染成因

### 1.1 工业污染源

“十一五”期间经过产业结构调整和技术升级, 临沧市流入澜沧江的工业废水得到有效的控制: 大中型企业的废水实现达标排放, 澜沧江一级支流水体水质达到功能区划要求, 较“十五”期间有很大改善。如一级支流罗扎河达到Ⅲ类水, 其排污企业有云县甘化糖厂、云县澜沧江啤酒集团、云县茅粮酒业集团等, 这些大中型企业已经实施污染治理和节能减排工程措施, 外排废水总量减

少, 主要控制污染物 COD、氨氮达标排放, 对罗扎河及大朝山水库的污染贡献率已较小。但是, 小型企业数量众多, 其中食品生产加工小企业对地表水的污染贡献率较大。这些企业无废水治理设施, 企业小, 变更快, 零星分散, 环境监管困难。生产废水大多直接进入罗扎河或其它支流, 只有少部分进入城镇污水管网。城镇污水处理厂 2010 年启动建设, 目前尚未竣工, 所以小型企业的废水基本未得到治理。

### 1.2 生活污染源

临沧市是一个农业为主的地区, 人口主要集中在广大农村。随着社会生产和经济的发展以及城镇化进程的加快, 城镇人口集聚, 生活污染源已经占有相当大的比重。按目前凤庆、云县在澜沧江流域 70 万人口计算, 每天产生污水 5.25 万 t, COD 1.78 万 kg, 氨氮 1295kg, 总磷 156kg, 营养物质总量相当可观。过去这些由人类产生的污染物质不会直接排放, 而是进入田间地角作为农作物的肥料加以利用, 现在由于大量使用化学肥料以及农村改厕, 人类自身的排泄物都不再利用了, 导致生活污水全部直接或间接进入河流。

2010 年云县、凤庆城市生活污水开始进行集中治理, 各兴建一个污水处理厂, 2 个污水处理厂处理能力达到 4 万 t/d, 由于管网建设滞后, 目前还达不到设计要求。按两个县城 10 万人口和实际处理能力达到 50% 计算, 现在生活污水处理量将达到 2 万 t, 实现达标排放后, 进入河流中的污染物将大大减少, 罗扎河水质将进一步得到改善。

### 1.3 农业源

农业源有农业种植源和养殖源。农业生产中产生的污染物质, 主要有化学肥料和有机农药。在农村, 不科学用肥、用药现象比较普遍, 重化肥、轻有机肥现象突出。种植区域大部分处于中低山坡

地,施肥施药多施撒于土壤表层,未深施,造成大量的化肥、农药随地表土和雨水进入河流。

养殖源有点源和面源。点源大多是小规模的养殖户,基本无治理设施,雨污不分离,渣肥随地堆放,卫生环境较差,监管较难。面源治理更困难:当地农村养殖业多数是1户1~3头牛、猪大牲畜,鸡鸭几只到十几只,以散养为主,有部分还满山遍野地放养。养殖源污染物不能集中处置,没有被农业生产充分利用,导致一部分污染物间接或直接进入河流。

除工业源外,农业源已成为河流的主要污染源。

#### 1.4 水上交通、水产养殖

大朝山水库蓄水发电后,原来的便桥被淹没,未修建新的横跨库区的大桥,水库两岸及上下游交通运输主要依靠水上船只。船只在运输过程中产生一些污染物,如未燃烧完全的汽油、柴油、机油以及运输过程中人员产生的生活污染物。

水产养殖业伴随着水库蓄水发展起来,规模逐年增大,以网箱养殖为主,兼以捕捞江鱼。网箱养殖每天要投入大量的鱼料,保证鱼的生长,一部分鱼料未被鱼食用而进入库区,溶化后直接污染水库。由于网箱养鱼是集中式养殖,鱼的抗病能力较差,曾经出现过网箱鱼大量死亡的现象,加之水流速度平缓,导致局部区域水体水质恶化发臭。

#### 1.5 湿地占用、水库蓄水前的清库程度

水库拦坝蓄水后,大坝水位提高63m,库区面积达26.25km<sup>2</sup>。大朝山库区沿岸原来的各个大小支流汇入口存在的一些天然湿地被全部淹没。失去湿地的保护,水体的自净功能降低。

由于澜沧江两岸地势陡峭,大朝山水库蓄水前开展的库区清理工作存在很多困难:部分散居的农户点交通不便,完全靠人挑马驮运输物质,许多污染物无法清理;有部分区域是耕作区,经库水淹没后,有机物、氮、磷等物质逐步渗透到水中。导致局部区域营养化程度提高,藻类生物剧增。

## 2 防治对策

### 2.1 加强环境保护的宣传力度,建立水环境质量考核制度

各级政府负有维护当地环境质量的重要责任,应加强环境保护宣传,让各个企业、单位、村镇知道并承担环境保护的责任和义务。环境保护部门应加强指导,通过开展环保教育进企业、进社区、进村镇、进学校、进单位、进机关等活动,树立保

护环境就是保护家园、就是保护生存和发展的意识,从而提高全民的环保意识。县级人民政府应制定水环境考核制度,对大朝山水库的各一级支流进行每年度的环境质量考核,特别是对云县、凤庆两个县城的纳污河流的罗扎河、水电矿产开发较多的拿鱼河应重点监管及考核。建立健全河道管理责任制,设立河道段长,分段划分责任,将水环境考核纳入政府领导年终考核成绩,水环境质量达不到功能区划要求的应在考核成绩中扣分,把水环境质量考核制度落实到实处。

### 2.2 加强库区及周边环境保护力度

大朝山水库的建成,为水产养殖和水上旅游运输创造了条件,科学合理地开发利用这个资源,是各级政府 and 有关部门应认真考虑的问题。一是要做好科学规划,在环境容量范围内合理开发利用,控制好养殖区域、规模、鱼的种类,控制好旅游运输线路、船只大小、数量、出船次数,产生的污染物回收处理,严禁排入水库。二是做好库区周边的生态环境保护,严禁毁林开荒和乱砍乱伐,防止水土流失。三是加强环境监管,电厂水库管理部门应与当地水政、渔政管理局密切联系,做好环境监管工作。

### 2.3 加快城乡污水处理设施建设

城乡污水处理设施建设可以分两部分:一部分是广大农村的生活污水,应提倡农村厕卫使用化粪池处理污水,有条件的地方政府出台支持鼓励性政策建设沼气池,将人及牲畜粪便一起处理,处理后的渣水可以进入田地作肥料;另一部分是城镇居民生活污水,有关部门应加快管网建设,做好雨污分流,保证污水、废水进入污水处理厂并达标排放。

### 2.4 加强工业废水的监管

一是环境管理部门应继续加强对大中型工业企业的环境监管,对污染治理设施的运行和废水的排放进行严格管理,要求大型企业或重污染企业设置在线监测设备,要求企业建立健全污染治理设施运行台帐和记录,确保稳定达标排放。二是环境管理部门要加强对小型污染企业的监管,特别是要开拓对食品加工小企业生产废水的管理,与税务、工商部门建立联系机制,没有环保部门的排污许可证,税务、工商部门不发相关证照,环保部门办理排污许可证时,应检查小企业是否建有废水处理设施,如沉淀池等,排放的废水应达到城市污水处理厂的入水要求。

### 2.5 加强农业源的整治

农业源是河流的主要污染源之一,对它的治理

一直是一个难题，各地都经过多种方式的探索，有一些好的经验值得我们学习借鉴。一是倡导农户科学种植和管护，因地制宜地使用化肥和有机肥，肥料深施于土壤中，应选择低毒高效的农药使用，有条件的可以选择生物农药。中低山地种植还应鼓励多使用有机肥（农家肥），减少水土流失造成的污染。二是改变农村的养殖方式，以集中养殖取代散养和放养，将养殖业的废水、废渣集中处置，发展沼气和有机肥利用技术，做到废物循环利用，保护生态环境。三是积极开展农村环境综合整治和生态村建设，结合新农村建设和生态村建设契机，综合

整治农村的生活污水和垃圾，较大的自然村修建污水集中处理池，各家各户废水集中到处理池后，再排到田地有效利用，节约水资源；生活垃圾应集中堆放处置，避免向河流和村寨周围乱丢乱放，污染环境。

参考文献：

- [1] G. E. 佩茨. 蓄水河流对环境的影响 [M]. 北京：中国环境科学出版社，1988.
- [2] 郑月芳. 河道管理 [M]. 北京：中国水利水电出版社，2007.
- [3] 屈道村. 沿海平原河流污染成因及防治对策 [J]. 宁波环境科学，2010，(3).

## Origin Analysis and Countermeasures of Water Pollution in Reservoir Area of Dachaoshan Hydropower Station

JIA Zhi - xiang

(Lincang Environmental Monitoring Station, Lincang Yunnan 677000 China)

**Abstract:** The present water quality of reservoir area of Dachaoshan hydropower station was analyzed as well as the reasons leading to water pollution. The countermeasures on water pollution control are pointed out.

**Key words:** riverine reservoir; pollution reason; pollution control; Dachao Mountain

# 松华坝水库水源保护区污染现状及整治对策建议

赵忠琼<sup>1</sup>, 陈红书<sup>2</sup>

(1. 盘龙区环境保护监测站, 云南 昆明 650041; 2. 盘龙区环境监察大队, 云南 昆明 650041)

**摘要:**介绍了松华坝水源保护区的基本概况和水环境质量, 对水源保护区的污染状况、污染防治工程现状进行了调查和分析, 提出了污染防治工程存在的问题, 给出了相应的对策建议, 认为应借鉴密云县经验。

**关键词:**水源保护区; 污染现状; 整治; 对策建议

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0040-06

## 1 松华坝水源保护区基本概况

### 1.1 自然环境

松华坝水源保护区位于昆明市盘龙区, 东经  $102^{\circ}45' \sim 102^{\circ}59'$ , 北纬  $25^{\circ}10' \sim 25^{\circ}28'$ , 南北长 36 km, 东西宽 24 km, 总面积 629.8 km<sup>2</sup>。其中一级保护区 27.02 km<sup>2</sup>, 二级保护区 259.24 km<sup>2</sup>, 三级保护区 343.54 km<sup>2</sup>。共涉及 5 个街道办事处, 44 个村民委员会, 284 个村民小组。总人口 90026 人, 城镇人口 14783 人。

### 1.2 汇水河流

牧羊河、冷水河是松华坝水库的两条主要汇水河流。牧羊河起于阿子营街道办事处黄龙潭水库, 终点入松华坝水库, 全长 54 km, 顺流经过阿子营、滇源、松华街道办事处, 有鼠街河、铁冲河、石房子河 3 条支流; 冷水河起于滇源街道办事处青龙潭, 终点入松华坝水库, 全长 14.6 km, 顺流经过滇源、松华街道办事处, 有干河、东小河、西小河、窑河 4 条支流。

### 1.3 水库概况

昆明市盘龙区集镇集中式饮用水源地主要为松华坝水库、双龙跃进水库、松华水管水库、滇源青龙潭水库、阿子营闸坝水库。蓄水量总量为 9771 万 m<sup>3</sup>, 其中松华坝水库蓄水量 9400 万 m<sup>3</sup>, 双龙跃进水库蓄水量 32 万 m<sup>3</sup>, 松华水管水库蓄水量 24 万 m<sup>3</sup>, 滇源青龙潭水库蓄水量 15 万 m<sup>3</sup>, 阿子营闸坝水库蓄水量 300 万 m<sup>3</sup>。总供水量 7588.25 万 m<sup>3</sup>, 其中松华坝水库总供水量 7520 万 m<sup>3</sup>, 双龙跃进水库供水量 28 万 m<sup>3</sup>, 松华水管水库供水量 12 万 m<sup>3</sup>, 滇源青龙潭水库供水量 10 万 m<sup>3</sup>, 阿子营闸坝水库供水量 68.25 万 m<sup>3</sup>。

## 2 水环境质量状况

### 2.1 库区水质现状

松华坝水库库区除总氮超过 II 类标准外, 其余水质类别平均为 II 类。其主要污染物为有机物、氮、磷。详见表 1、表 2 和图 1。

### 2.2 入库河流水质现状

监测结果表明: 冷水河与牧羊河除总氮超过 II 类标准外, 其余水质类别平均为 II 类。其主要污染物为有机物、氮、磷。具体见表 3、表 4、表 5、表 6 和图 2、图 3。

松华坝水库库区及入库河流水质监测数据来源于昆明市环境监测中心和盘龙区环境监测站。

表 1 松华坝水库库区水质监测结果 (mg/L)

监测时间	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	总氮	溶解氧	总磷
2006-1-4	2.7	0.0	0.206	1.10	7.7	0.014
2006-2-6	2.1	-	0.075	1.12	8.5	0.006
2006-3-1	1.0	0.0	0.198	0.95	7.5	0.019
2006-4-5	1.4	0.0	0.107	0.92	8.0	0.020
2006-5-9	1.9	2.2	0.069	0.57	8.2	0.037
2006-6-1	2.0	1.5	0.148	0.67	7.7	0.026
2006-7-3	2.5	1.3	0.227	1.57	6.4	0.031
平均值	1.9	0.8	0.147	0.99	7.7	0.022

表 2 松华坝水库库区水质评价结果

结果	高锰酸盐指数		五日生化需氧量		氨氮		总氮		总磷		ΣPj
	Cj	Pj	Cj	Pj	Cj	Pj	Cj	Pj	Cj	Pj	
库区	1.9	0.48	0.8	0.27	0.147	0.29	0.99	1.98	0.022	0.22	
污染分担率/%	/	14.68	/	8.24	/	9.09	/	61.19	/	6.80	3.24
污染物名次	2		3		4		1		5		

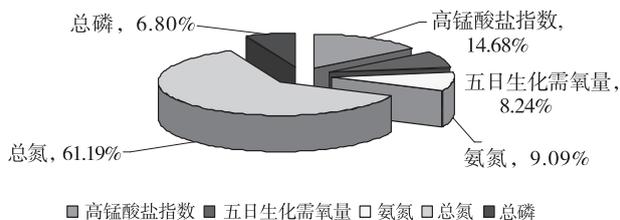


图1 松华坝水库污染物分担率

表3 冷水河水质监测结果 (mg/L)

监测时间	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	总氮	溶解氧	总磷
2006-1-5	2.0	0.0	0.029	0.91	9.1	0.026
2006-2-7	1.7	-	0.149	0.88	9.1	0.022
2006-3-2	0.0	-	0.180	0.71	6	0.042
2006-4-4	5.5	-	0.242	1.50	7.5	0.106
2006-5-8	1.4	-	0.100	0.67	7.2	0.030
2006-6-7	4.3	-	0.547	2.59	5.3	0.326
2006-7-3	2.2	0.0	0.236	1.19	6.9	0.114
2006-8-2	2.2	-	0.289	1.61	7.7	0.053
平均值	2.4	0.0	0.222	1.26	7.4	0.090

表4 冷水河水质评价结果

	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	总氮	总磷	ΣPj
结果	4	3	0.5	0.5	0.1	
库区	2.4	0.60	0	0.00	0.222	0.44
污染分担率/%	13.45	0.00	9.96	56.50	20.18	
污染物品次	3	5	4	1	2	4.46

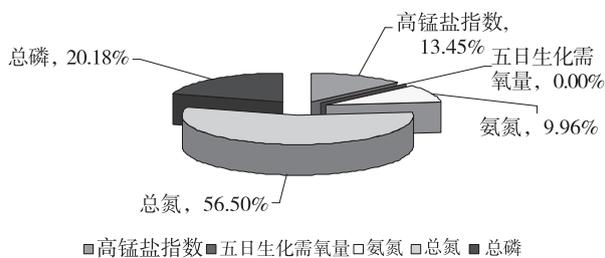


图2 冷水河污染物分担率

表5 牧羊河水质监测结果 (mg/L)

监测时间	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	总氮	溶解氧	总磷
2006-1-5	2.0	0.0	0.031	0.68	10	0.035
2006-2-7	1.7	-	0.104	0.70	8.4	0.016
2006-3-2	0.0	-	0.075	0.67	8.4	0.018
2006-4-4	1.7	-	0.059	0.37	8.2	0.024
2006-5-8	2.1	-	0.570	1.27	2.2	0.091
2006-6-7	5.0	-	0.496	2.88	6.2	0.200
2006-7-3	6.8	0.0	0.211	2.41	6.2	0.210
2006-8-2	1.5	-	0.248	0.95	7.3	0.016
平均值	2.6	0.0	0.224	1.24	7.1	0.076

表6 牧羊河水质评价结果

	高锰酸盐指数	五日生化需氧量	氨氮	总氮	总磷	ΣPj
结果	4	3	0.5	0.5	0.1	
库区	2.6	0.65	0	0	0.224	0.448
污染分担率/%	14.98	0.00	10.32	57.14	17.51	4.34
污染物品次	3	5	4	1	2	

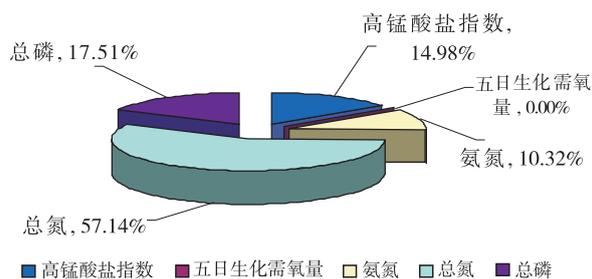


图3 牧羊河污染物分担率

### 3 水源保护区污染状况调查与分析

#### 3.1 农业面源污染现状

##### 3.1.1 生活污染源

生活污染源包括居民产生的生活污水和生活垃圾。根据现场调查，松花坝水库水源保护区的村民基本不使用水冲厕所，以旱厕为主。农村人口产生的粪便在水源区内绝大部分以旱厕及堆肥的形式进入农田，再通过农田进入水体。农村居民生活污水在旱季基本不能形成径流。

由表7可以看出，松花坝水库水源保护区的农村居民生活污水产生量为87.88万t/a，其中COD产生量为477.87t，TN产生量为12.633t，TP产生量为10.985t。

##### 3.1.2 畜禽养殖

根据调查，汇水区内畜禽养殖方式为圈养和放养两种形式，畜禽的粪便处置方式主要是堆肥还田，粪便通过农田径流等进入水体，对河流的水质会造成污染。水源保护区内无规模化养殖场，养殖分散，规模小，均为庭院式养殖，在水库和河道边可见放养的牛羊。畜禽粪便多用于堆肥还田，但大部分村庄存在畜禽粪便及堆肥在路边随意堆放的情况，会在雨季被冲刷入河，对河流水质造成不利影响。

##### 3.1.3 生活垃圾

松花坝水库水源保护区农村人口75243人，按每人每天产生生活垃圾0.34kg（根据2000年滇池流域农村面源污染控制示范小区的调查结果）计

算, 则松花坝水库水源保护区每年生活垃圾产生量为 9337.66t。

根据现状调查, 松花坝水库水源保护区内的村民小组没有彻底完善规范的垃圾收集设施, 部分集镇垃圾收集率不高, 部分生活垃圾乱堆乱放造成蚊蝇滋生、臭气熏天, 影响区域内的环境卫生。垃圾自身腐败、发酵以及降水冲刷、淋溶产生的渗滤液, 对松花坝水库周边地表和地下水体造成污染, 严重影响松花坝水库水源保护区水环境质量和库区水质安全。

### 3.2 水源区工业污染调查与分析

松华坝水源保护区范围内共有 11 家工业污染源。其中一级保护区和二级保护区内分别有 4 家和 7 家。其中 1 个工业污染源的废水排入湿地, 2 个工业污染源的废水进入集镇污水管网, 1 个排放少量废水进入河道。水源保护区内工业污染源为花卉保鲜、食品饮料加工、假发制作和铸造等 4 个行业类别。详见表 8。

松华坝水源保护区范围内现有第三产业经营户共 241 家, 其中排水经营户共 193 户。经营户废水排放去向为集镇污水管网、人工湿地和河道。见表 9、表 10 和图 4。

表 7 松华坝水库水源区农村居民生活污水及污染产生情况

人口 /人	用水定额/ L · (人 · d) <sup>-1</sup>	用水量/ 万 t · a <sup>-1</sup>	废水排 放系数	日排尿量/ kg (人 · d) <sup>-1</sup>	日排粪量/ kg · (人 · d) <sup>-1</sup>	排污系数/g · (人 · d) <sup>-1</sup>			污染物产生量/t · a <sup>-1</sup>			
						COD	TN	TP	废水	COD	TN	TP
75243	40	109.85	0.8	2	0.25	17.4	0.46	0.4	87.88 万	477.87	12.633	10.985

表 8 水源保护区工业污染源

序号	单位名称	地址	废水排放去向			所属水源保 护区级别
			城市管网	湿地	河道	
1	昆明市盘龙江红源天然保健品厂	阿子营小箐	√			一级
2	永联铸钢厂	东鱼路 211 号		√		一级
3	云南龙禅圣泉工贸有限公司	青龙潭		废水不外排		一级
4	白邑兴教机械配件厂	甸尾村		废水不外排		一级
5	昆明珍茗食品阿子营水厂	阿子营草冲村		废水不外排		二级
6	云南鑫云花卉园艺(双明冷库)	鼠街			√	二级
7	昆明训修发制品有限公司	马脚村	√			二级
8	光亚铁木构件厂	前所村 2 号		废水不外排		二级
9	白邑恒利铁件厂	前所村 14 号		废水不外排		二级
10	李正林水处理设备加工厂	团结村		废水不外排		二级
11	李雪华冷库厂	苏海村 263 号		废水不外排		二级

表 9 水源保护区个体经营户调查情况

(家)

调查区域	阿子营镇			滇源镇			松华街道		
	河道 100m 范围内	集镇及 村庄	公路沿线可 视范围内	河道 100m 范围内	集镇及 村庄	公路沿线可 视范围内	河道 100m 范围内	集镇及 村庄	公路沿线可 视范围内
餐饮	12	14	19	7	29	4	0	18	10
食品加工	3	4	2	1	0	0	0	0	2
美容美发	3	7	0	0	0	0	0	0	0
住宿	2	3	0	0	0	1	0	0	0
鱼塘	1		3	2	21		2		3
洗车场	1	0	1	0	0	0	0	0	0
医疗	0	4	0	0	0	1	0	0	0
副食	0	1	0	0	0	0	0	0	0
洗涤	0	1	0	0	0	0	0	1	0
汽修	0	7	15	3	3	5	0	0	0
加油站	0	0	3	0	0	0	0	0	0
冷库	0	0	1	0	1	0	0	0	0
酿酒	0	0		0	7	0	2	7	0
其它	0	0		0	11	2	2	1	0
共计	22	41	44	13	72	13	6	27	15

表 10 水源保护区废水排放情况 (家)

调查区域及范围	废水排放去向				
	城市管网	湿地	河道	小计	
阿子营镇	河道 100m 范围内	10	2	10	22
	集镇及村庄	39	0	0	39
	公路沿线可视范围内	8	5	8	21
滇源镇	河道 100m 范围内	5	1	5	11
	集镇及村庄	12	7	37	56
	公路沿线可视范围内	6	1	5	12
松华街道	河道 100m 范围内	0	1	1	2
	集镇及村庄	0	20	1	21
	公路沿线可视范围内	0	9	0	9
共计	80	46	67	193	

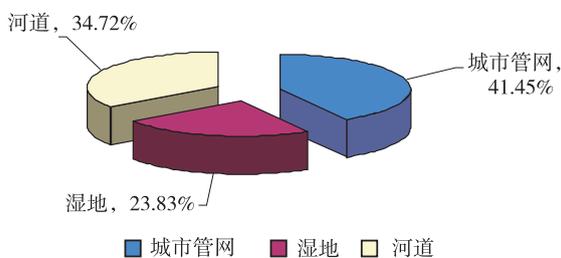


图4 水源保护区内污染源排水去向

## 4 污染防治工程现状及分析

### 4.1 滇源街集镇污水处理厂现状

该污水处理厂位于滇源街道办事处集镇南侧，距冷水河大约 400m 处，投资 1196.28 万元建设，采用改进型 MBR 加膜过滤及紫外消毒工艺，设计处理能力为 1000t/d，主要是对集镇中心区域及周边重点区域进行主体分流、庭院合流、内部排水改造后的污水进行收集处理。目前滇源街道截污干管从白邑村白邑中学铺设至污水处理厂，全长约 7.9km，虽然集镇中心管网基本已覆盖，但滇源街道支管并未建成。现在滇源污水处理厂实际平均处理能力为 231.09m<sup>3</sup>/d，2011 年 3 月 18 日昆明市盘龙区环境保护监测站出具的水质监测报告结果为：进水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 84.13mg/L，总磷浓度为 1.326mg/L，氨氮浓度为 4.25mg/L，悬浮物浓度为 21mg/L；出水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 20.68mg/L，总磷浓度为 0.640mg/L，氨氮浓度为 0.80mg/L，悬浮物浓度为 9mg/L。

### 4.2 阿子营集镇污水处理厂现状

该污水处理厂位于阿子营集镇东南侧，距嵩阿公路约 30m，距中心集镇约 3000m，距牧羊河约 200m。总投资 1355 万元，采用 SBR 加活性炭过滤及紫外消毒工艺，设计处理能力 500t/d，配套建设主体分流收集、庭院合流收集。阿子营截污干管从

阿子营集镇途经西以刚村后铺设至污水处理厂，再从污水处理厂向外延伸至高仓村，全长约 11.96km，主要是对阿子营集镇建成区 0.3km<sup>2</sup> 及附近村庄的污水收集后进行处理。该污水处理厂处理后的废水排入高仓湿地，因高仓村地处污水处理厂下游，虽建有截污管网，但污水并未进入截污管网。阿子营街道除建成干管外，其余区域并未建成支管。现在阿子营污水处理厂实际平均处理能力为 221.98m<sup>3</sup>/d，2011 年 3 月 18 日昆明市盘龙区环境保护监测站出具的水质监测报告结果为：进水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 10mg/L，总磷浓度为 0.060mg/L，氨氮浓度为 1.65mg/L，悬浮物浓度为 6mg/L；出水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 10mg/L，总磷浓度为 0.041mg/L，氨氮浓度为 0.73mg/L，悬浮物浓度为 5mg/L。

### 4.3 双龙集镇污水处理厂现状

该污水处理厂位于盘龙区双龙街道办事处乌龙村，占地面积 0.57hm<sup>2</sup>，由盘龙区建设投资有限公司负责建设。污水处理厂一期设计规模为 1000m<sup>3</sup>/d，已于 2009 年 12 月 30 日完成，由盘龙区建投公司负责管理及维护。2011 年 3 月 18 日昆明市盘龙区环境保护监测站出具的水质监测报告结果为：进水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 15.08mg/L，总磷浓度为 0.035mg/L，氨氮浓度为 1.40mg/L，悬浮物浓度为 17mg/L；出水口：COD<sub>Cr</sub> 浓度为 12.94mg/L，总磷浓度为 0.017mg/L，氨氮浓度为 0.17mg/L，悬浮物浓度为 8mg/L。

### 4.4 生态湿地现状

为了有效控制分散式村庄的生活污水，盘龙区的相关职能部门根据村庄的实际情况因地制宜地大力开展村庄生态湿地的建设工作，生态湿地的建设总投资达 2800 余万元。目前已建成的生态湿地有 40 余个，湿地总面积达 217.3 hm<sup>2</sup>。生态湿地主要建设在牧羊河、冷水河河道沿线较大的村庄旁，其中牧羊河沿线建有 25 个生态湿地，湿地面积为 105.57 hm<sup>2</sup>；冷水河沿线建有 15 个生态湿地，湿地面积为 111.73 hm<sup>2</sup>，农村生活污水处理率达 75% 以上。

### 4.5 河道治理情况

在牧羊河沿岸封堵污水口 47 个，已建成牧羊河两侧竹园村、土坝等 19 个分散村庄污水收集处理设施，新建污水净化湿地 30 片、10.27 hm<sup>2</sup>；清理河道堆放杂物和垃圾 20 余 t，拆除牧羊河沿河建筑 9346.9m<sup>2</sup>；完成拆除花卉大棚 166.67 hm<sup>2</sup>，完成鼠街河、铁冲河、石房子河三条治理土地

811.33 hm<sup>2</sup>, 建设牧羊河两岸生态林带 72.86 hm<sup>2</sup>。

在冷水河沿岸截污堵口 11 个, 完成冷水河沿岸白邑村等 9 个村庄截污设施建设, 拆除冷水河两岸 100m 范围内蔬菜、花卉大棚 66.67 hm<sup>2</sup>, 拆除冷水河沿河 10~30m 范围内的违章建筑 6378m<sup>2</sup>, 新建垃圾池 26 个。共计种植绿化苗木 23.1 万株、绿化面积 42.66 万 m<sup>2</sup>。

## 5 污染防治工程存在的问题

(1) 污水处理厂设计规模与实际处理水量不匹配问题十分突出。主要表现在以下几个方面: ①设计单位对农村实际用水需求和排水特点了解不准确, 工程设计时照搬城市居民用水规范, 造成污水处理规模偏大; ②污染源分布较散, 在空间上跨度较大, 纳污管网支管截污不彻底; ③雨污不彻底分流; ④造成“大马拉小车”现象。

(2) 生态湿地的建设数量尚显不足。根据实地调查发现, 水源保护区生活污水排放量小, 浓度低, 反而是畜禽粪便的污染更为突出, 在水源保护区一级区范围内随处可见随意堆放于户外的畜禽粪便。旱季时, 露天堆积的粪便污染物由于没有径流输送, 就在地表沉积下来, 并发生降解。雨季到来时, 由于降雨形成地表径流, 高浓度的污染物在水中溶解并随地表径流汇入河库。水源区农村生活污染治理要本着深入推进两岸拆临拆违拆迁, 实施沿岸禁养, 杜绝面源污染, 扎实推进沿岸绿化、生态修复、恢复湿地, 做到“三化”: 河床湿地化、河坎生态化、两岸景观化。

## 6 对策建议

(1) 成立松花坝水库水源保护区管理委员会, 将饮用水源保护工作纳入制度化、科学化、规范化轨道。

(2) 针对 3 个污水处理厂存在的问题, 要加大对 3 个污水处理厂的监管力度, 要求其按相关要求做好整改工作。3 个污水处理厂运行不正常的主要原因是污水管网建设不到位, 要解决这一问题就必须加大投入, 完善污水收集管网建设。建议各级政府相关职能部门考虑双龙集镇污水处理厂全面开展雨污分流及收集管网建设等相关工作, 尽快使 3 个污水处理厂投入正常运行, 全面实现其设计的污水处理能力, 为保护松华坝集中式饮用水源地发挥其应有的作用。

(3) 饮用水源一级保护区整治工作: ①位于饮用水源一级保护区的 4 家工业企业、32 家第三产业经营户, 一律按照《昆明市松华坝水库保护

条例》相关规定依法取缔; ②饮用水源一级保护区内严格实行“止耕禁养”, 实施退耕还林还湿, 恢复生态, 全面禁止花卉种植, 对已存在的花卉种植苗圃依法进行取缔。

(4) 饮用水源二级保护区及以外区域: ①位于公路沿线可视范围内的鱼塘, 一律依法取缔; ②位于滇源、阿子营、双龙污水处理厂纳污范围内能够建设初级污水设施、污水达标排放并进入纳污干管的企业和经营户, 依法要求其限期整改, 整改完成后要求其规范经营; ③凡位于湿地纳污范围内, 能够建设污水治理设施、污水达标排放并排入湿地的企业和经营户, 依法要求其限期整改, 整改完成后要求其规范经营; ④无条件建设初级污水治理设施及无法进入纳污干管或湿地的企业和经营户, 依法对其取缔; ⑤二级保护区禁止规模化蔬菜种植, 三级保护区蔬菜种植面积只减不增; ⑥提高审批门槛, 限制企业、经营户在饮用水源保护区落户。

## 7 借鉴经验, 高举水保大旗, 科学发展, 保护与开发相结合

盘龙区与密云县地处南北完全不同地理位置, 地理环境有其自身的特殊性, 但是密云县就其水源保护的成效性, 说明其方法的科学价值, 值得盘龙区水源保护借鉴。借鉴和建议之处有以下几点:

(1) 借鉴密云县水源保护管理科学化的方法, 就盘龙区水源保护制定相应的治理程序。首先, 开展饮用水水源保护区普查, 科学合理划定饮用水水源保护区。其次, 根据盘龙区管理目标以及环境状况进行进一步完善松华坝水源保护区规划。第三, 为落实规划制定严密的执行措施。其中需要完成的技术性工作地开展土壤和地下水污染现状、污染成因调查和评价, 建立污染源台账, 制定环境质量监测制度, 明确污染优先控制区域及控制对象, 进行污染风险评价、安全区划及污染防治规划, 制定城市和农村水源地保护规划。

(2) 以小流域为单元, 强化水源地、涵养区以及山区丘陵等自然生态系统的保护与建设, 构筑“三道防线”, 建设生态清洁小流域, 实施污水、垃圾、厕所、河道、环境 5 项同步治理。第一步, 加强农村污水治理, 建设农村污水处理设施, 优先考虑再生水回用于农业灌溉。第二步, 加强垃圾管理, 对垃圾及废物进行收集、运输、储存和处理。第三步, 大力推进农村改水、改厕、改圈、改厨, 解决“脏、乱、差”, 改善农村环境卫生条件。第四步, 引导农民科学使用化肥、农药, 禁止使用高

毒、高残留化学农药,大力发展生态农业和有机农业,大力推广测土配方施肥、节水灌溉技术及病虫害生物防治技术。第五步,开发整理土地,实施绿化造林,修复废弃矿山生态,封山育林。在进行5步治理的同时还可以进行节能环保再利用的农村节能生产方式,即鼓励秸秆还田和秸秆气化,青贮氨化、发电、养畜等综合利用。实施规模化畜禽养殖场的废水废物处理,推进乡村产业结构调整,推广清洁生产技术。加快污染治理和工业企业调整搬迁,优化产业结构,逐渐推进低碳经济的发展。

(3) 借鉴密云县水源保护制度化管理经验,完善盘龙区水源地保护制度,加强水源地监管。具体工作措施是:首先,完善地方法规标准体系,建立水源地保护与执法监督管理制度,强化监管能力建设,加大执法监管力度。其次,建立水源地管理机构,可由乡镇水务站、农村水管员或聘请特约监督员开展监督检查。第三,严把环境准入关,强化环境影响评价制度,加快实施排污许可证制度,依法规范取水和排水行为,制订禁止类、限制类、鼓励类产业发展名录,依据环境容量科学确定污染物总量控制指标,落实污染物总量削减计划,将总量削减指标分解落实到重点排污单位。实施最严格的总量控制制度、定期考核、公布制度和“三同时”制度。进一步强化排污许可证的发证与管理工作。

排污企业必须申请领取排污许可证并按照规定进行排污申报登记。

(4) 建议建立健全环境执法与监督管理体系,依法追究责任人,加大执法力度。严格清理整顿违法排污企业。坚决取缔水源地一级保护区内的工业排污口,关闭饮用水水源地二级保护区内的直接排污口。严防养殖业污染水源,禁止有毒有害物质进入饮用水水源地保护区。通过对环境污染行为的惩处,树立国家法律和政府政策的威信,提高违法者和违纪者的环境污染成本,杜绝环境污染,给人民群众一个安全、卫生、清新的水源。

(5) 建议建立健全饮用水水源地保护区突发污染事件预警体系和应急响应体系,定期检查掌握饮用水水源地环境与供水水质状况,建立饮用水水源地水质定期信息公告制度。开展农村供水水源地保护,设立饮水安全标志,依法查处涉及饮水安全保障方面的案件。

(6) 建议建立健全饮水安全保障体系和应急机制,在特殊情况下及时启动应急预案或城乡供水联合调度方案。

(7) 继续坚持开展发改委、规划局、财政局、水务局、环保局等多部门联动的工作机制,提高工作水平和效率。

## Pollution Status and Countermeasures in Drinking Water Source Area of Songhuaba Reservoir

ZHAO Zhong-qiong<sup>1</sup>, CHEN Hong-shu<sup>2</sup>

(1. Panlong District Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650041 China)

**Abstract:** The general situation and water quality status of Songhuaba reservoir area was introduced. The pollution status in the area and water pollution control projects in the area were investigated and analyzed. The existing problems of the projects were pointed out, based on which, the suggestions on pollution control were revealed.

**Key words:** drinking water resource protection area; pollution status; treat; suggestion

# 浅议工业固体废物污染的成因及预防

邹向荣

(红云红河烟草集团有限责任公司, 云南 昆明 650000)

**摘要:** 分析了我国工业固体废物污染的成因和危害, 提出了预防措施。

**关键词:** 工业固体废物; 污染; 成因; 危害; 预防

**中图分类号:** X5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0046-02

## 1 概述

与所有的工业化国家一样, 我国环境污染问题是与工业化相伴而生的。随着我国经济的发展和工业规模的不断扩大, 由此产生的工业固体废物, 特别是危险废物对环境的污染和危害日趋严重。随着工业固体废物产生量的提高, 危险废物产生量更是逐年攀升, 速度远远高于其它固体废物。尽管其利用量也同步提高, 但之间的差额仍然越来越大。这些急剧增加的危险废物给环境的安全与卫生管理带来了不稳定的因素。世界及我国均发生过由于固废堆存不当引起的环境污染事件。如 1992 年沈阳市环境科学研究所就曾对当地露天堆存的锌镉渣堆存地周围进行了环境污染调查。调查结果显示, 堆存地周围几十万平方米地区的地表水、地下水及土壤均被污染。在靠近堆存地四周的井水、地表积水及土壤中锌与镉的浓度很高, 已被重度污染。近年来随着经济快速增长, 此类污染事件更是时有发生。

## 2 工业固体废物污染的成因

与所有的工业化国家一样, 我国环境污染问题是与工业化相伴的, 工业固体废物污染问题也一样。由于我国工业基础薄弱, 不少设备陈旧, 生产技术工艺落后, 技术改造和设备更新赶不上生产发展需要, 不少技术仍停留在 20 世纪 50~60 年代的水平。现在正处于迅速推进工业化和城市化的发展阶段, 对自然资源的开发强度不断加大。加之粗放型的经济增长方式, 技术水平和管理水平比较落后, 再加上管理混乱, 跑冒滴漏现象严重, 因而资源利用率低, 导致工业固体废物排放量大。

## 3 工业固体废物污染的危害

固体废物产生量大、占地广, 从有害成分迁移转化的角度看, 废水、废气在处理时其有害成分往往转化成固体形态, 因此, 从某种意义上说, 固

体废弃物成了有害成分存在的终态。由于有害物质不易破坏衰减, 其危害具有长期性和潜在性。

### 3.1 侵占土地

工业固体废物累计量的增加, 使占地量大大增加。每堆积 1000t 废渣, 大约需占用土地 0.067hm<sup>2</sup>。

### 3.2 污染土壤

工业固体废物长期露天堆放, 其中有害成分经过风化、雨淋、地表径流的侵蚀很容易渗入土壤中。这样不仅会使土壤中的微生物死亡, 使之成为无腐解能力的死土, 而且有害成分在土壤中过量积累, 还会使土壤盐碱化、毒化。

### 3.3 污染水体

未经无害化处理的工业固体废物随意堆放, 会随天然降水或地表径流流入河流、湖泊, 长期淤积使水面缩小, 其有害成分的危害将更大。固体废弃物的有害成分, 如汞 (来自红塑料、霓虹灯、电池、印泥等)、镉 (来自印刷、墨水、搪瓷、玻璃、镉颜料、涂料、着色陶瓷及电镀等)、铅等微量有害元素, 如处理不当, 能随雨水渗入水网, 流入水井、河流甚至到附近海域, 被植物摄入, 再通过食物链进入人体, 影响人体健康。我国个别城市发现, 固废堆场附近地下水的浓度、色度、总菌数、重金属含量等污染指标严重超标。

### 3.4 污染空气

固体废物污染空气途径有: 在适宜温度下, 由废弃物本身的蒸发、升华及发生化学反应而释放出有害气体; 废弃物中的细粒、粉末随风吹扬, 加重大气的粉尘污染; 运输、处置和利用过程中产生有害的气体和粉尘。

### 3.5 影响环境卫生

废渣等固体废物随意倾倒、堆放, 既影响市容, 妨碍观瞻, 又容易传染各种疾病。

## 4 固体废物污染预防

### 4.1 制定和健全环境立法, 加强工业固体废物

管理

固体废物污染控制标准为废物处置控制标准和设施控制标准两大类。废物处置控制标准规定对某种特定废物的处理、处置标准要求。如《含多氯联苯废物污染控制标准》(GB13015-91)规定了关于城市垃圾排放内容,国家环保部和建设部制定并颁布了行业技术标准。设施控制标准,如《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889-1997)等;同时地方性环境保护法规、环境保护部门规范性文件都作了明确规定。专家指出,目前我国工业固体废物管理相对于水污染和大气污染管理方面尚处于起步阶段,相关的管理法规和标准不健全,过于强调末端治理,管理体制未理顺。而对现有法规标准执行不力,存在管理漏洞。

我国现行固体废物环境立法需要针对当前固体废物管理法律、法规中的薄弱环节加以补充完善,并与国际固体废物管理体制接轨。此外,当前迫切需要加强的是对固体废物管理法律、法规的执法力度。对环境造成严重污染的企业,应依法予以追究。

#### 4.2 建立健全规范化的再生资源回收产业链

目前对工业固体废物,特别是危险废弃物处理处置能力不足,一些地方还未配套合规处置的单位和设施。导致相当一部分产生危险废弃物的企业只能把产生的危险废弃物贮存在厂内,而其贮存场地大都不能完全达到防扬散、防流失、防渗漏的国家要求,存在二次污染的风险。一些关闭、破产企业遗留的原料、废品、废弃物长期得不到安全处置,环境污染风险越积越高。针对这些问题相关政府部门应该整合资源,把资源利用和污染防治相结合,市场流通体系和社会公益性相结合,采用多种方式,鼓励引导社会各方面资金进行投资,形成生产、回收利用、处理三者有机结合的具有循环经济特征的产业链。而在这个产业链中,回收是基础,加工是手段,资源利用和废弃物的无害化处理才是最终目的。

#### 4.3 革新生产工艺,开展清洁生产和 ISO 14001 认证工作

对生产中产生和排放的固体废物进行处理,

一方面将在一定程度上对环境造成污染,另一方面也会带来不同程度的经济负担。政府相关部门应积极引导企业开展清洁生产和 ISO 14000 认证工作,使企业致力于发展“无害工艺”,改进生产工艺过程和设备,发展和采用先进技术,选择新的处理工艺,降低消耗,提高处理水平,推行清洁生产,选用清洁原料,采用无毒无害物质替代有害原材料。同时改善和加强企业内部管理措施,在污染的源头削减污染物和废物产生量并回收利用,建立过程废物循环系统,实现原料闭路循环,逐步实现固体废物减量化、资源化。通过预防不能解决的污染物,采取源控制措施进行合规处置。

#### 4.4 完善工业固体废物年度申报制度

加大对工业固废申报登记的宣传教育力度,政府相关部门应增派专职人员跟踪企业上报数据的可靠性,尽快与科研机构联手开发更完善的工业固废数据录入系统,把企业工业固废的种类、来源、数量、组分、性质、危险等级、储存方式、处置情况、有无转移等内容及危废资料汇总成册并进行微机管理。建立固废资源信息平台,鼓励企业在不影响生产工艺的情况下,尽量利用其他企业的固体废物来为我所用,减少环境污染,延长原生资源寿命,弥补资源不足。另外,各级环保部门应根据辖区内工业固废的排放情况制定行之有效的工业固废的回收、利用、处置的规划。

#### 4.5 培训教育,普及固体废物防治知识

一直以来的环保宣传教育较少触及工业固体废物的污染问题,许多市民和企业人员把工业固体废物视同普通生活垃圾来处理。工业固体废物尤其是危险废弃物具有种类繁多、毒性大、降解困难等特点,直接把之焚烧或填埋处理,将对大气、水体和土壤产生贻害深远的污染后果。因此我们应充分利用新闻媒体、广播电视和电脑网络等现代化工具,大力开展工业固体废物管理工作的宣传工作,提高社会公众及企业人员对工业固体废物危害的认识。同时大力鼓励公众参与监督固体废弃物的污染防治工作。

## Causes and Prevention of Industrial Solid Waste Pollution

ZOU Xiang - rong

(Hongyun Honghe Tobacco Group Co., LTD, Kunming Yunnan 650000 China)

**Abstract:** The causes and harm of industrial solid waste were analyzed. The prevention measures are pointed out.

**Key words:** industrial solid waste; pollution; cause; harm; prevention

# 曲靖市涉重行业治理现状分析及治理重点探讨

何芳华

(曲靖市环境监测站, 云南 曲靖 655000)

**摘要:** 根据各种调查及统计资料, 分析了曲靖市重金属的行业治理现状。对治理现状中存在的问题进行了分析, 对治理重点行业进行了探讨。

**关键词:** 重金属污染; 行业治理; 重点行业; 曲靖市

**中图分类号:** X5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0048-03

## 1 曲靖市涉重重点行业

曲靖市是云南省的工业大市之一, 也是云南省重要的有色金属生产地, 重金属污染物的产排量在全省占比较高。曲靖市主要产排重金属污染物的行业有色金属开采、冶炼、加工, 化学及化工生产等, 其中涉及重金属废水产排的主要行业有: 化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业、有色金属矿采选业、交通运输设备制造业、非金属矿采选业及金属制品业; 涉及重金属废气产排的主要行业有: 有色金属冶炼及压延加工业、交通运输设备制造业及金属制品业; 涉及危险废物产生和贮存的主要行业有: 化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业。

## 2 污染治理现状

### 2.1 涉重废水行业

根据云南省曲靖市第一次全国污染源普查技术资料, 涉重行业废水重金属污染物去除率统计见表1。

表1 涉重行业废水重金属污染物去除率统计表

涉重主要产排行业	产生量/kg	排放量/kg	去除率/%
化学原料及化学制品制造业	38025.186	82.81	99.8
有色金属冶炼及压延加工业	186490.67	1666.53	99.1
有色金属矿采选业	2387.674	566.31	76.3
交通运输设备制造业	818.69	0	100
非金属矿采选业	14.27	14.27	0
金属制品业	3430.77	2.77	100
合计	231167.26	2332.69	99.0

从涉重行业废水中重金属污染物的治理情况(表1)看: 涉重行业中污染物去除率低于95%的行业有色金属矿采选业(铅锌矿采选)和非金

属矿采选业(化学矿采选), 有色金属矿采选业的去除率仅达到76.3%, 非金属矿采选业产生和排放量均较小, 去除率为0。

化学原料及化学制品制造业中, 污染治理水平较低的小类为涂料制造, 去除率为0; 有色金属冶炼及压延加工业中, 污染治理水平较低的小类为铜冶炼, 去除率为0。

综上, 涉重行业废水中污染物治理水平较低的行业有: 化学原料及化学制品制造业中的涂料制造业、有色金属冶炼及压延加工业中的铜冶炼业、有色金属矿采选业中的铅锌矿采选、非金属矿采选业中的化学矿采选。

### 2.2 涉重废气行业

涉重行业废气重金属污染物去除率统计见表2。

表2 涉重行业废气重金属污染物去除率统计表

涉重主要行业		产生量/kg	排放量/kg	去除率/%
有色金属冶炼及压延加工业	铜冶炼	1.444	1.444	0
	铅锌冶炼	5333965	192578	96.4
交通运输设备制造业	汽车零部件及配件制造	1390.677	1390.677	0
金属制品业	金属表面处理及热处理加工	397.673	397.673	0
合计		5335755	194367.8	96.4

从涉重行业中废气重金属污染物的治理情况看, 涉重行业废气中重金属污染物的治理率可达96.4%, 其中有色金属冶炼及压延加工业中的铅锌冶炼业去除率可达到96.4%, 其余行业去除率均为0。

综上, 涉重行业废气中重金属污染物治理水平较高的行业为有色金属冶炼及压延加工业中的铅锌冶炼业; 治理水平较低的行业有: 有色金属冶炼及压延加工业中的铜冶炼业、交通运输设备制造业中

的汽车零部件及配件制造业、金属制品业中的金属表面处理及热处理加工业。

## 2.3 危险废物

重金属行业危废产生和贮存情况见表3。

表3 涉重行业危险废物产生、综合利用、贮存和排放情况

涉重主要行业	产生量/t	综合利用量/t	贮存量/t	处置量/t	排放量/t	产生量占比/%	贮存率/%
化学原料及化学制品制造业	35000	35000	0	0	0	87.6	0
有色金属冶炼及压延加工业	4960	160	4800	0	0	12.4	100
合计	39960	35160	4800	0	0	100	100

曲靖市危险废物主要的涉重行业为化学原料及化学制品制造业和有色金属冶炼及压延加工业，其中化学原料及化学制品制造业产生量占重金属危废产生总量的87.6%，但危险废物贮存量涉重行业主要为有色金属冶炼及压延加工业。

曲靖市涉重危险废物综合利用行业中，化学原料及化学制品制造业综合利用率达100%，有色金属冶炼及压延加工业综合利用率达3.2%；化学原料及化学制品制造业无贮存量，有色金属冶炼及压延加工业贮存率达100%。

## 3 治理现状中存在的问题

(1) 曲靖市涉重行业废水中污染物治理水平较低的行业有：化学原料及化学制品制造业中的涂料制造业、有色金属冶炼及压延加工业中的铜冶炼

业、有色金属矿采选业中的铅锌矿采选、非金属矿采选业中的化学矿采选。

(2) 曲靖市涉重行业废气中重金属污染治理水平较低的行业有：有色金属冶炼及压延加工业中的铜冶炼业、交通运输设备制造业中的汽车零部件及配件制造业、金属制品业中的金属表面处理及热处理加工业。

(3) 曲靖市危险废物主要的涉重行业为化学原料及化学制品制造业和有色金属冶炼及压延加工业，其中危险废物贮存量涉重行业主要为有色金属冶炼及压延加工业，综合利用率仅达3.2%，贮存率达100%。

## 4 治理重点行业探讨

涉重重点治理行业产排及治理情况分析见表4。

表4 涉重重点治理行业产排及治理情况分析

类别	治理重点行业	行业产排污特点	治理现状
废水	化学原料及化学制品制造业（其中的涂料制造业零去除）	产生量大，占16.45%；排放量小，占3.55%。	行业整体去除率较高，但其中的涂料制造业为零去除。
	有色金属冶炼及压延加工业（其中的铜冶炼业零去除）	产生量大，占80.67%；排放量大，占71.44%。	行业整体去除率较高，但其中的铜冶炼业为零去除。
	有色金属矿采选业中的铅锌矿采选（去除率76.3%）	产生量小，占1.03%；排放量大，占24.28%。	治理率低。
	非金属矿采选业中的化学矿采选（零去除）	产生量小，占0.01%；排放量小，占0.61%。	治理率较低。
废气	有色金属冶炼及压延加工业中的铜冶炼业	产生量大，占99.97%；排放量大，占99.08%。	行业整体去除率较高，但其中的铜冶炼业为0去除。
	交通运输设备制造业中的汽车零部件及配件制造业	产生量小，排放量小。	零去除，治理率较低。
	金属制品业中的金属表面处理及热处理加工业	产生量小，排放量小。	零去除，治理率较低。
危险废物	化学原料及化学制品制造业	产生量较大，占87.6%。	全部综合利用，零贮存、零排放。
	有色金属冶炼及压延加工业	产生量占12.4%。	综合利用量较小，大部分贮存，零排放。

根据表4的统计和分析，曲靖市重金属重点治理行业如下：

(1) 排放量大的（废水、废气）重点治理行业：有色金属冶炼及压延加工业（其中的铜冶炼

业需重点治理）；

(2) 其他涉重废水重点治理行业：化学原料及化学制品制造业（其中的涂料制造业需重点治理）、有色金属矿采选业中的铅锌矿采选和非金属

矿采选业中的化学矿采选;

(3) 其他涉重废气重点治理行业: 交通运输  
设备制造业中的汽车零部件及配件制造业和金属制

品业中的金属表面处理及热处理加工业;

(4) 危险废物重点治理行业: 有色金属冶炼  
及压延加工业。

## Discussion on Key Points of Present Treatment Analysis for Heavy Metal Related Industry in Qujing

HE Fang - hua

(Qujing Environmental Monitoring Station, Qujing Yunnan 655000 China)

**Abstract:** The present treatment situation of heavy metal related industry in Qujing was analyzed based on the investigation and statistic database. The problems in the treatment process were studied as well. The key industries of treatment were pointed out.

**Key words:** heavy metal pollution; industry treatment; key industry; Qujing

# 危险废物经营企业的清洁生产审核

张兴华

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 依据现行相关规定, 结合清洁生产审核工作实践, 就危险废物经营企业清洁生产审核中的关注重点及执行规范做了介绍。

**关键词:** 危险废物; 清洁生产审核; 关注重点; 执行规范

**中图分类号:** X38      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0051-06

危险废物是指根据国家统一规定的方法鉴别认定的具有毒性、易燃性、爆炸性、腐蚀性、化学反应性、传染性之一性质, 并且对人体健康和环境能造成危害的固态、半固态和液态废物。按照《危险废物经营许可证管理办法》(国务院令 408 号) 规定, 从事危险废物收集、贮存、处置经营活动的单位, 应当领取危险废物经营许可证。《关于深入推进重点企业清洁生产的通知》(环境保护部环发[2010]54号)规定, 重点企业清洁生产审核是申办经营危险废物许可证的重要参考条件。因此, 从事危险废物收集、贮存、处置经营活动的企业在开展清洁生产审核工作中, 应结合企业生产、经营实际情况, 按照现行法律、法规、标准, 对企业危险废物环境管理状况进行客观、全面的评估。在全面“摸清家底”的基础上, 按照污染预防的理念进一步挖掘清洁生产潜力。

## 1 危险废物的识别

危险废物的识别分为目录法和鉴别法两种。

在识别危险废物过程中需要注意的是, 放射性废物、废弃电子产品、生活垃圾等须按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《电子废物污染环境防治管理办法》等有关规定执行。

### 1.1 目录法

《国家危险废物名录》是国家环境保护部、国家发展和改革委员会根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》制订, 自 2008 年 8 月 1 日起施行。《国家危险废物名录》中的“废物类别”是按照《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》划定的类别进行归类。“行业来源”是某种危险废物的产生源。“废物代码”是危险废物的唯一代码, 为 8 位数字, 其中第 1~3 位为危险废物

产生行业代码, 第 4~6 位为废物顺序代码, 第 7~8 位为废物类别代码。“危险特性”是指: ①腐蚀性 (Corrosivity, C); ②毒性 (Toxicity, T); ③易燃性 (Ignitability, I); ④反应性 (Reactivity, R); ⑤感染性 (Infectivity, In)。凡列入《国家危险废物名录》的废物均为危险废物, 无需鉴别。

### 1.2 鉴别法

鉴别法是按照《危险废物鉴别标准》(GB5085.0~7-2007) 以及《固体废物浸出毒性测定方法》(GB/T15555.1~12) 等标准进行鉴别而确定危险废物的方法。

未被列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的鉴别标准及鉴别方法判定不具有危险特性的工业固体废物属一般工业固体废物, 分为两类。第 I 类一般工业固体废物是指按照规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中, 任何一种污染物的浓度均未超过 GB8978 最高允许排放浓度, 且 pH 值在 6~9 的一般工业固体废物。第 II 类一般工业固体废物是指按照规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中, 有 1 种或 1 种以上的污染物浓度超过 GB8978 最高允许排放浓度, 或者是 pH 值在 6~9 范围之外的一般工业固体废物。

## 2 原料收集环节评价

应在清洁生产审核报告中明确评价对象危险废物的产生源、种类、名称及废物代码, 评估企业执行相关法律、法规、标准的情况, 分析清洁生产潜力并采取相应措施。

### 2.1 运输、装卸及贮存要求

运输危险废物的单位需持有国家颁发《危险货物道路运输经营许可证》资质。在委托具有相关资质单位运输时, 须签订《运输协议》。运输危险废物时, 按规定填报《危险废物转移联单》。运

输单位在运输和装卸过程中应严格按照《汽车运输、装卸危险货物作业规程》(JT618-2004)规定执行。

防止运输过程中危险废物的污染损害是防止危险废物污染损害的主要环节之一。在运输过程中,若管理不当或未采取适当的污染防治和安全防护措施,则极易造成污染。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第五十二条规定:运输危险废物,必须采取防治污染环境的措施,并遵照国家有关危险废物运输管理的规定。因此,运输危险废物必须同时符合两个要求:一是必须采取防止污染环境的措施,符合环境保护的要求,做到无害化的运输;二是必须将所运输的危险废物作为危险货物对待,遵守国家有关危险货物运输管理的规定,符合危险货物运输的安全防护要求,做到安全运输。具体防治措施如下:

(1) 运输时应当采取密闭、遮盖、捆扎、喷淋等措施防止扬散。

(2) 不能混合运输性质不相容而又未经安全性处置的危险废物。

(3) 转移危险废物时,必须按照规定填写危险废物转移联单,并向危险废物移出地和接受地的县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门报告。

(4) 必须配备随车人员在途中经常检查,危险废物如有丢失、被盗,应立即报告当地交通运输、环境保护主管部门,并由交通运输主管部门会同公安部门和环保部门查处。

(5) 禁止将危险废物与旅客在同一运输工具上载运。

(6) 运输危险废物的设施和设备在转作他用时,必须经过消除污染的处理,方可使用。

(7) 运输危险废物的人员,应当接受专业培训,经考核合格后,方可从事运输危险废物的工作。

(8) 运输危险废物的单位应当制定在发生意外事故时采取的应急措施和防范措施。

(9) 运输时,发生突发性事故必须立即采取措施消除或者减轻对环境的污染危害,及时通报给附近的单位和居民,并向事故发生地县级以上人民政府环境保护行政主管部门和有关部门报告,接受调查处理。

(10) 驾驶人员1次连续驾驶4h应休息20min以上,24h之内实际驾驶时间累计不能超过8h。

应在在清洁生产审核报告中逐条评价上述要求落实情况,并提供如下附件:

(1) 委托运输单位名称及委托运输(意向)合同,该运输单位应具有《危险货物道路运输经营许可证》资质,并提供专用车辆、包装物及人员的详细资料。

(2) 请受托运输单位提供填报的同类物资《危险废物转移联单》复印件。

(3) 与运输单位共同制定的《危险废物运输计划和运输路线》。

## 2.2 危险废物贮存

根据《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)的规定,危险废物贮存设施的选址有以下要求和原则:

(1) 地质结构稳定,地震烈度不超过7°的区域内。

(2) 设施底部必须高于地下水最高水位。

(3) 场界应位于居民区800m以外,地表水域150m以外。

(4) 应避免建在溶洞区或易遭受严重自然灾害如洪水、滑坡、泥石流、潮汐等影响的地区。

(5) 应在易燃、易爆等危险品仓库、高压输电线路防护区域以外。

(6) 应位于居民中心区常年最大风频的下风向。

危险废物贮存设施的设计原则如下:

(1) 采用封闭式仓储,贮存库配置通风设施。物料封闭式输送。

(2) 基础必须防渗,防渗层渗透系数小于相关设计规范要求。如:至少1m厚粘土层(渗透系数 $\leq 10 \sim 7 \text{cm/s}$ ),或2mm厚高密度聚乙烯,或至少2mm厚的其它人工材料,渗透系数 $\leq 10 \sim 10 \text{cm/s}$ 等。

(3) 衬里要能够覆盖危险废物或其溶出物可能涉及到的范围。

(4) 衬里材料与堆放危险废物相容。

(5) 在衬里上设计、建造浸出液收集清除系统。

(6) 地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造,建筑材料必须与危险废物相容。

(7) 用以存放半固体危险废物的地方,必须有耐腐蚀的硬化地面,且表面无裂隙。

(8) 应设计堵截泄漏的裙脚,地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储

量的 1/5。

(9) 应设计建造径流疏导系统, 保证能防止 25a 一遇的暴雨不会流到危险废物堆里。

(10) 危险废物堆要防风、防雨、防晒。

(11) 原料与危险废物以及不相容的危险废物必须分开存放, 并设有隔离间隔断。

### 2.3 危险废物的堆放

(1) 堆放危险废物的高度应根据地面承载能力确定。

(2) 产生量大的危险废物可以散装方式堆放贮存在按上述要求设计的废物堆里。

(3) 不相容的危险废物不能堆放在一起。

(4) 总贮存量不超过 300kg 的危险废物要放入符合标准的容器内 (临时收集的高浓度重金属半液态废物等), 加上标签, 容器放入坚固的柜或箱中, 柜或箱应设多个直径不少于 30mm 的排气孔。不相容危险废物要分别存放或存放在不渗透间隔分开的区域内, 每个部分都应有防漏裙脚或储漏盘, 防漏裙脚或储漏盘的材料要与危险废物相容。

## 3 危险废物贮存设施的运行与管理评价

### 3.1 运行与管理

清洁生产审核过程中评价危险废物贮存设施的运行与管理要点如下:

(1) 危险废物贮存时, 必须得到有资质单位出具的该危险废物样品物理和化学性质的分析报告, 认定可以贮存后, 方可接收。

(2) 危险废物贮存前应进行检验, 确保同预定接收的危险废物一致, 并登记注册。

(3) 危险废物贮存设施都必须按 GB15562.2 的规定设置警示标志, 不得接收未粘贴符合标准标签或未按规定填写的危险废物。

(4) 不得将不相容的废物混合或合并存放。

(5) 危险废物产生者和危险废物贮存者均须作好危险废物情况的记录, 记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。

(6) 危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留 3a。必须定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查, 发现破损, 应及时采取措施清理更换。

(7) 危险废物贮存设施内清理出来的泄漏液、清洗液、浸出液一律按危险废物集中处置, 严禁与其他地表水混合向外排放。

(8) 结合本企业情况制定《危险废物贮存管理规定》和《危险废物贮存岗位责任制》。

### 3.2 危险废物贮存设施的安全防护与监测

(1) 危险废物贮存设施都必须按《环保图形标志—固体废物贮存 (处置) 场》(GB 15562.2) 的规定设置警示标志。

(2) 危险废物贮存设施周围应设置围墙或其它防护栅栏。

(3) 危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施、安全防护服装及工具, 并设有应急防护设施。

(4) 危险废物贮存设施内清理出来的泄漏物, 一律按危险废物处理处置。

(5) 按国家污染源管理要求对危险废物贮存设施进行监测。

### 3.3 危险废物贮存设施的关闭

(1) 危险废物贮存设施经营者在关闭贮存设施前应提交关闭计划书, 经批准后方可执行。

(2) 危险废物贮存设施经营者必须采取措施消除污染。

(3) 无法消除污染的设备、土壤、墙体等按危险废物处理, 并运至正在营运的危险废物处理处置场或其他贮存设施中。

(4) 监测部门的监测结果表明已不存在污染时, 方可摘下警示标志, 撤离留守人员。

## 4 主要工艺、装备评价

审核过程中, 按照《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》(环发 [2008] 60 号) “期限内达到国家或地方的污染物排放标准、核定的主要污染物总量控制指标、污染物减排指标; 对于已经发布清洁生产标准的行业, 企业能够达到相关行业清洁生产标准的三级或三级以上指标的要求” 和 “企业按国家规定淘汰明令禁止的生产技术、工艺、设备以及产品” 的要求, 在查阅企业项目环境影响评价报告及其批复、“三同时” 报告、竣工验收报告、前 3a 环境监测报告、环保设施运行资质等资料的基础上, 关注以下内容:

(1) 对照国家《产业结构调整指导目录》、《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》、《××行业准入条件》、《高能耗落后机电设备 (产品) 淘汰目录》等, 确认企业已按国家规定淘汰明令禁止的生产技术、工艺、设备以及产品。

(2) 对照《清洁生产标准》、《清洁生产评价指标体系》及相关能耗、物耗、水耗和污染物产

生量、排放量规范、标准,评价清洁生产潜力。

(3) 利用废物的生产规模应与申领危险废物综合经营许可证的内容一致,工艺设计中不涉及收集利用其他危险废物。

(4) 针对存在问题及清洁生产潜力,运用清洁生产审核方法学理论找出解决问题的方案。

## 5 水系统评价

### 5.1 废水

根据现行排放标准及项目实施地环境容量,对生产废水的产生量、排放量提出具体要求。

(1) 努力减少生产废水产生量。首先考虑各生产单元废水经过去除干扰元素后实现本工艺循环,尽量避免形成综合废水,以降低废水处理成本。在实现稳定达标排放的基础上,终极目标是含危险废物生产废水全部循环利用。

(2) 不使危险废物废水进入不含危险废物系统。如:不能用含有重金属的废水作为冲渣水等。

(3) 场地清扫、设备维护、生产事故等原因产生的含危险废物废水须按危险废物处理处置,达到相应排放标准要求后方可排放。

(4) 本着“减量化、资源化、无害化”的原则产生、筛选方案。

### 5.2 雨水收集

为避免厂区内飞散的含重金属粉尘在雨水冲刷作用下流出厂界造成环境污染,须新建雨水收集池。具体要求如下:

(1) 雨水收集池负责收集整个生产区(包括:各生产单元、原料贮存库、煤场、渣场/库等)的地表水、雨水和生活污水,经过沉淀处理后,全部用于生产,不排放,实现全厂生产废水、生活污水和受污染的地表水、初期雨水零排放。后期雨水沉淀处理后,经确认合格可作为清洁水排放。

(2) 雨水收集池应采用防渗结构,如钢筋混凝土结构;并具有沉淀和贮存功能,建议采用两格结构,便于及时清理沉淀污泥(该污泥作为危险废物处理处置)。

(3) 容积应满足收集贮存全厂地表水、初期雨水、生活污水和部分事故排水的需要。

(4) 初期雨水量可在收集当地气象资料基础上,参考《给水排水设计手册》第5册《城镇排水》第二版所列公式计算降雨强度,初期雨水收集时间原则上不少于20min。

(5) 初期雨水收集池应安装水位控制器、回用泵和回用管网系统,及时将收集到的水进行回

用,尽量保持空池运行。

### 5.3 截洪沟

为防止厂外地表水、雨水和洪水流入厂区,造成滑坡、泥石流,以及防止地表水、雨水和洪水携带污染物流出,造成环境污染,需在厂区周边设置截洪沟。

(1) 按照《中华人民共和国防洪标准》GB50201-94规定确定企业应执行的防洪标准,并以此作为截洪沟的设计依据。

(2) 截洪沟需采用防渗结构,如三面光的混凝土结构,不得采用土沟形式排水。

(3) 截洪沟应形成闭合,面向厂区方向沟邦应高于地坪300mm以上,防止厂区内地表水流入截洪沟,同时防止厂外地表水、雨水和洪水流入厂区。

(4) 需采取有效措施加固和处理挡土墙,有效防止发生滑坡、泥石流等地质灾害。

### 5.4 厂区排水系统

(1) 沿厂区围墙周围应修筑环形、闭合的排水沟,生产区各生产单元之间,煤场、渣场各分区之间也应修筑排水沟。排水沟统一汇入新建的雨水收集池内,经过沉淀处理后,全部回用于生产或集中处理后达标排放。

(2) 排水沟需采用防渗结构,不得采用土沟形式。如有必要,生产区各排水沟需要进行防腐处理,排水沟断面不得小于300×300mm。

## 6 废气、粉尘系统评价

清洁生产审核中的评价原则是,现场条件能确保含重金属废气、粉尘的产生量、排放量符合相关环保标准以及《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2002)、《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2-2002)要求。

(1) 产生含危险废物气体、粉尘的装置应具有防止废气逸出措施。熔炼炉加料口、排渣口操作位置等无法实现密闭化处置的部位应配置有效的低空集气除尘设施。

(2) 在易产生废气无组织排放的位置设置废气收集与净化装置。

(3) 含危险废物的炉气脱硫除尘系统中产生中和废水全循环利用,所产生的废渣必须作为危险废物处理处置。

(4) 对于含有危险废物的尾气排放系统,可在工程设计中设置在线监测装置,或在相应位置预留该装置安装位置。

## 7 固体废物评价

生产过程产生的一般工业固体废物评价标准如下：

(1) 一般工业固体废物按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)中有关规定修建渣场。

(2) 一般工业固体废物内不得混入危险废物。

(3) 一般工业固体废物综合利用率 $\geq 60\%$ 。

(4) 泄漏、飞散、场地清扫、设备维护、生产事故等原因产生的含重金属固体废物须按危险废物处理处置。

(5) 清洁生产方案体现“减量化、资源化、无害化”原则。

(6) 无论是生产原料还是本企业生产过程中产生的废物，凡属危险废物的，必须满足相应的运输、贮存、管理等要求。

(7) 对于本企业生产过程产生而本企业又无法处理处置的危险废物，必须交由持有相关资质的危险废物处理处置的部门处理。

(8) 建议在危险废物贮存场所安装现场监控设备。

## 8 厂区内硬化、绿化评价

对于地处环境敏感区域的企业建议：

(1) 厂内涉及到危险废物的场地及道路均采用厚250mm以上的混凝土进行硬化处理。防止受污染的地表水渗透地下，造成地下水和土壤的污染。

(2) 对裸露地面进行绿化，绿化率不低于20%。

## 9 人员、管理机构和管理制度评价

### 9.1 人员素质要求

根据《危险废物经营许可证管理办法》(中华人民共和国国务院令，第408号)规定，“需有3名以上环境工程专业或者相关专业中级以上职称，并有3年以上固体废物污染治理经历的技术人员。”审核报告中应附有该三名技术人员的资质证明材料、工作简历和聘用合同等资料。

企业领导及危险废物管理人员按要求定期参加危险废物管理培训，审核报告中应提供相应的证明材料。

### 9.2 管理机构

需要结合企业管理现状完善危险废物处理处置管理、安全管理和环境管理的机构，形成有效的安全生产、污染防治、事故应急处理的管理体系。对

重要岗位实行岗位责任制，设岗定员，落实到人。

设立危险废物分析化验室，对企业使用原料及生产过程中产生的废物做定性、定量分析，以判定废物属性并根据废物属性实施有效管理。

### 9.3 管理制度

主要包括保证危险废物经营安全的规章制度、污染防治措施和事故应急救援措施等。

(1) 危险废物化验分析管理制度。包括废物入场确认、取样方法、测试分析方法、重复测试频率、接收标准、不予接收的退运措施。

(2) 安全管理制度。包括：危险废物安全警示标志的设置，危险废物贮存，处置设施设置24h监控系统，对应急设施和设备的维护和定期检测的措施，对易燃、反应性或不相容废物的安全管理措施，对设施运转情况进行常规检查和维护措施，按照《××企业公告管理暂行办法》要求，及时递交公告申请的相关内容。

(3) 污染防治措施：包括污染防治设施的日常维护和检修措施，设施运行不正常或发生其他突发事件时确保污染物达标排放的保证措施，危险废物经营设施及周边一定范围内的地下水、土壤和大气质量的监测制度以及设施污染物排放的监测制度。

(4) 突发事故应急救援措施：包括对可能发生的意外突发事件的类型分析，防止发生意外突发事件的措施以及设备、设施、装置情况，发生意外突发事件时，与地方主管部门联系的方法、联系人、联系方式及其职责的确定，应对意外突发事件的撤离疏散计划。

(5) 从业人员经环保部门培训计划。

(6) 废物出入库管理制度。

(7) 劳动保护制度。

(8) 重要岗位——危险废物贮存、雨水收集、废水及废气治理等岗位责任制。

### 9.4 危险废物台账

需建立与生产记录相结合的危险废物台账，跟踪记录危险废物在生产单位内部运转的整个流程。该台账相关表格一般应分别留存于产生部门、安全环保部门和台帐汇总部门。

危险废物台帐由危险废物报表及必要附件(如危险废物产生工序调查表及工序图、危险废物特性表、危险废物产生情况一览表、委托处置合同等)构成。

根据危险废物产生的不同管理流程，建立内部

危险物流转单据或凭证系统和交接单的运行程序。为利于追踪,应可结合实际情况,给所产生的每批危险废物确定唯一的序号。

根据生产实际情况,形成报表固定周期,通常一般按月及年形成报表。相应流转单据或凭证以及危险废物转移联单要随报表封装汇总。

报表应当按所产生危险废物的种类反映其产生情况以及库存情况。按所产生危险废物的种类以及利用处置方式反映自行利用处置情况和提供、委托外单位利用处置情况。

## 10 结束语

随着推行清洁生产工作的深入,清洁生产审核工作的内涵越来越丰富,工作侧重点越来越具体。申办经营危险废物许可证企业的清洁生产审核是要在全面评估企业危险废物经营能力的基础上,通过

为“在哪里——为什么——如何解决”找到问题所在,再通过生产过程“八要素”分析问题,产生方案,实施方案,从而使企业达到具备危险废物经营能力的要求。

毋庸讳言,申办经营危险废物许可证企业的清洁生产审核不仅仅是危险废物经营能力评估。在重点关注危险废物经营能力的同时,还要通过分析企业清洁生产潜力,实现“节能、降耗、减污、增效”。

### 参考文献:

- [1] 国家环境保护局. 企业清洁生产审核手册 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [2] 环境保护部清洁生产中心. 清洁生产论文集 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2011.
- [3] 张兴华. 浅议清洁生产审核重点的确定 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29 (5).

# Cleaner Production Audit of Hazardous Waste Management Enterprises

ZHANG Xing - hua

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

**Abstract:** The focused points and standards of cleaner production audit for hazardous waste management enterprises were introduced based on the related rules and regulations combining with the practical work experience.

**Key words:** hazardous waste; cleaner production audit; focused points; standard

# 混凝 - Fenton 氧化联合处理含丙烯酸化工废水

赵静静, 张明, 张伟军

(华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200062)

**摘要:** 采用混凝 - Fenton 氧化联合技术, 对可生化性差的含有丙烯酸的化工废水进行处理, 考察了不同因素对 COD 去除率的影响。结果表明, 对于 COD 为 150000 ~ 160000mg/L 的高浓度丙烯酸废水, 经过混凝和 Fenton 氧化的联合处理, 废水 COD 的去除率可高达 80% 左右, 但出于实际生产运用中成本、运行难度和污泥量的考虑, 选择其混凝最佳反应条件为: 10% PAC 投加量为 5%, 1‰ PAM 投加量为 0.25%, pH 为 9, 反应时间 1h; Fenton 最佳反应条件: 初始 pH 为 3,  $[Fe^{2+}] / [H_2O_2]$  的摩尔比为 0.05,  $H_2O_2$  与废水的体积比为 2% 左右, 反应时间 3h, 沉降 1h。在这个条件下, COD 的去除率可达 60% 左右, 而且可生化性比较好。

**关键词:** 混凝 - Fenton 氧化; COD 去除率; 可生化性; 含丙烯酸的化工废水

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0057-05

上海某橡胶厂在生产过程中排放的污水主要含有丙烯酸, 其 COD 高达几十万 mg/L, 有强烈的刺鼻性气味, 而且该废水中含有对微生物有毒害作用的物质, 又缺乏营养元素, 呈强酸性且不易进行生物降解。如不加以处理, 将会对环境造成很大危害。目前来说, 处理丙烯酸工业废水常用的方法有催化湿式氧化法<sup>[1]</sup>、焚烧法<sup>[2]</sup>和生化法<sup>[3]</sup>, 但是这些方法在不同程度上存在例如能耗大、成本高等特点, 而且对 COD 的去除率不是很高。本文主要通过混凝和 Fenton 氧化联合的方法来处理, 从而能够得到较高的 COD 去除率, 提高废水的可生化性, 为后续的生化处理做准备。

## 1 实验部分

### 1.1 废水来源及水质

水样取自上海某橡胶生产车间的废水。该废水主要成分为丙烯酸, 废水外观呈蓝绿色乳浊状, COD 为 150000 ~ 160000mg/L, pH 约为 8。

### 1.2 主要仪器、药剂

聚合氯化铝 (PAC), 聚丙烯酰胺 (PAM),  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2O_2$  (质量分数为 30%), 1 + 1 硫酸溶液, 30% (质量分数) NaOH 溶液, XD-2003 精密型 COD 速测仪, JJ-6TA 测速六联电动搅拌器, 雷磁 PHS-3C 精密 pH 计。

## 2 实验与结果

### 2.1 混凝

混凝的主要目的是为了去除橡胶废水中的 COD 和部分重金属离子, 本实验以 COD 的去除率作为主要的研究对象和指标。混凝实验首先对不同类型的混凝剂进行筛选, 再选择最佳的 pH 反应条件, 最后选出混凝剂和助凝剂的最佳投加比例, 从而选择出具有高效、低耗、价廉的混凝实验条件。

#### 2.1.1 最佳混凝剂的选择

本实验中选择了 10% 的 PFS (聚合硫酸铁) 和 10% 的 PAC (聚合氯化铝) 两种混凝剂对废水进行了常温混凝实验。操作条件: 在 250ml 的烧杯中加入 100ml 的橡胶废水, 然后分别投加 1ml 混凝剂, 加入混凝剂的同时快速搅拌 30 ~ 60s, 然后中速搅拌 10min, 最后慢速搅拌 15min, 搅拌结束后静置沉降 30min 后, 取上清液进行分析。如图 1 所示, 在相同投加比例的情况下, PFS 的去除率为 25.8%, PAC 的去除率为 45.7%, PAC 的处理效果远优于 PFS。

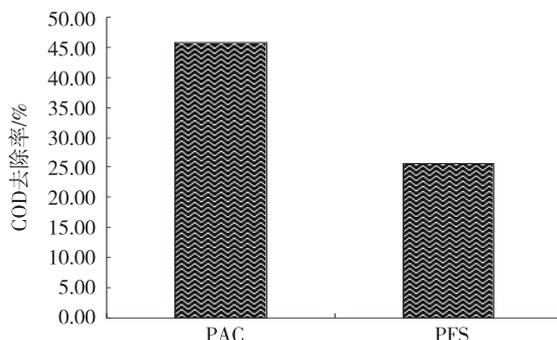


图1 PAC和PFS对COD去除率的影响

收稿日期: 2011-06-22

作者简介: 赵静静 (1987-), 女, 硕士, 研究方向: 环境微生物技术及应用。

### 2.1.2 最佳 pH 的选择

pH 对混凝效果的影响显著，每种混凝剂对任一废水都有一个相对最佳的 pH 值存在，在这个最佳的 pH 值下废水的混凝反应最快，最彻底，故在本研究中对 PAC 混凝的最佳 pH (6 ~ 11) 进行了确定。

实验步骤：分别于 6 个 250ml 的烧杯中加入 100ml 废水，用 30% 的 NaOH 溶液调节其 pH 值，然后分别加入等量的 PAC，快速搅拌 30 ~ 60s，然后中速搅拌 10min，最后慢速搅拌 15min，搅拌结束后静置沉降 30min 测得 COD 如图 2 所示。

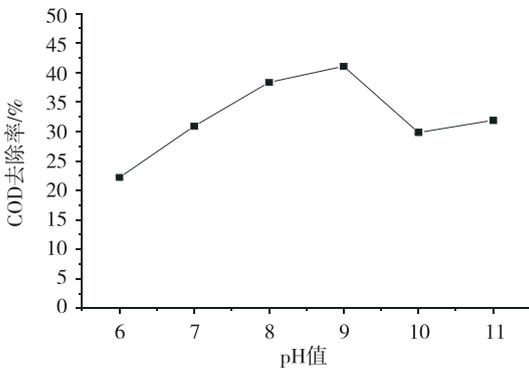


图2 不同pH对混凝效果的影响

混凝实验结果表明，pH 为 9 时，混凝效果最佳。pH 不同，效果也有差异，这主要是因为 pH 值可以影响废水中的  $\xi$  电位，而  $\xi$  电位只有在一定的 pH 值下才能降低到零，胶粒才能脱稳并相互凝聚沉淀<sup>[4]</sup>。

### 2.1.3 PAC 最佳比例的选择

混凝剂的投加量对废水的混凝处理效果也有显著的影响，混凝剂过少时不能使胶粒很好地脱稳，从而达不到混凝沉淀的效果；当混凝剂过多时，脱稳后的胶粒又会重新带上相反的电荷，增加了电排斥力，也不能达到混凝沉淀的效果，所以需要确定混凝剂的最佳投加比<sup>[5]</sup>。

实验步骤：在 250ml 的烧杯中分别加入 100ml PAC，用 30% 的 NaOH 调节 pH 为 9，然后分别加入 0.25、0.5、1、2、5 和 10ml 的 PAC，快速搅拌 30 ~ 60s，然后中速搅拌 10min，最后慢速搅拌 15min，搅拌结束后静置沉降 30min 测得 COD 如图 3 所示。

由图看出随着 PAC 投加量的增加，COD 去除率增加，当投加体积比例为 5% 时 COD 去除率达到增大，继续增加 PAC 投加量，效果不明显，故在后续实验中将 10% PAC 在废水中的投加比例定

为 5%。

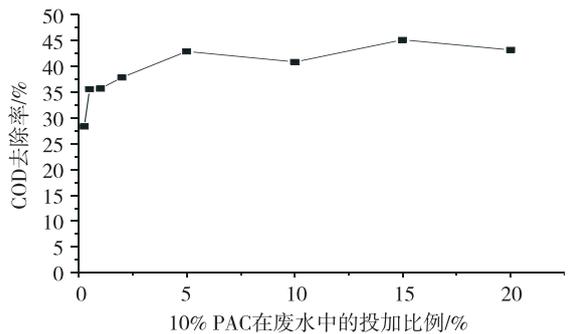


图3 PAC投加量对COD去除率的影响

### 2.1.4 助凝剂 (PAM) 投加量的选择

将 PAM (聚丙烯酰胺) 作为助凝剂进行进一步实验。助凝剂可用来调节和改善混凝条件，也可以改善絮凝体结构，使细小松散的絮凝体变得粗大紧密。

实验步骤：250ml 的烧杯中加入 100ml 的废水，调节 pH 为 9，分别加入 5ml 的 PAC，然后分别加入 0.1、0.25、0.5、1、2、5 和 10ml 的 1‰ 的 PAM，快速搅拌 30 ~ 60s，然后中速搅拌 10min，最后慢速搅拌 15min，搅拌结束后静置沉降 30min 后测定 COD 值。在 1‰ PAM 的投加比例为 0.25% 时矾花最大而且沉降最快，因此选择 0.25% 作为最佳 PAM 投加比。

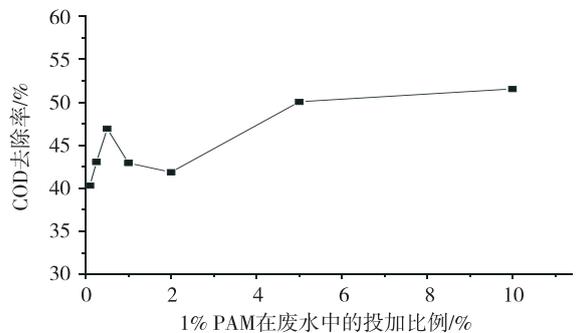


图4 助凝剂对COD去除率的影响

综上，经过采用 PAC 作混凝剂，PAM 作助凝剂进行混凝实验，最终将最佳条件确定为 10% PAC 投加量为 5%，1‰ PAM 投加量为 0.25%，pH 为 9。

## 2.2 Fenton 氧化

Fenton 试剂是  $Fe^{2+}$  和  $H_2O_2$  的混合物，在水处理中的主要作用是对有机物进行氧化和混凝<sup>[7-8]</sup>。目前 Fenton 试剂法已经逐渐应用于燃料、制浆造纸、日化、农药、垃圾渗透液等废水处理工程中，具有很好的应用前景<sup>[9-16]</sup>。

### 2.2.1 Fenton 试剂处理有机废水的机理<sup>[6]</sup>

Fenton 试剂中含有  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，而  $\text{H}_2\text{O}_2$  被亚铁离子催化分解生成羟基自由基 ( $\cdot\text{OH}$ ) 并引发更多的其他自由基，其反应机理如下：



整个体系反应很复杂，但关键是通过  $\text{Fe}^{2+}$  在反应中起激发和传递作用，使链式反应能持续进行。

丙烯酸废水经过混凝预处理后，呈红褐色浑浊状，此时的 COD 仍然比较大，需要将混凝后的上清液废水继续进行 Fenton 氧化反应，进一步降低 COD。由于大量的研究表明 Fenton 氧化最佳 pH 为 3，故本研究中不选择其它 pH 值。

### 2.2.2 $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$ (mol/mol) 对 COD 去除效率的影响

试验中将废水的初始 pH 调为 3，固定废水体积 300ml，30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  6ml (与废水的体积比 2%)，以  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  的形式加入催化剂  $\text{Fe}^{2+}$ ， $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  的摩尔比分别为 0.01、0.02、0.05、0.1 和 0.2，用六联搅拌机以 400 ~ 500r/min 搅拌 3h，静沉 1h 取上清液测 COD 的值，绘制  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  (mol/mol) 对 COD 去除效率的影响的曲线如图 5。

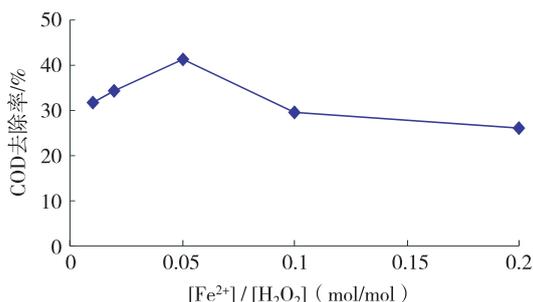


图5  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  (mol/mol) 对 COD 去除效率的影响

由图 5 可见，随着  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  (mol/mol) 比值的增大，COD 的去除率先增大，后减小，在比值为 0.05 时，去除率达到最大。这是因为在  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  摩尔比较低时，限制了自由基产生的数量和速度，导致  $\text{H}_2\text{O}_2$  不能够完全利

用。而当  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  摩尔比较高时，高浓度的  $\text{Fe}^{2+}$  会与  $\text{H}_2\text{O}_2$  反应产生  $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{Fe}^{3+}$  会促进  $\text{H}_2\text{O}_2$  的无效分解，导致有机物的去除率下降。通过分析，当  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  的摩尔比为 0.05 时，COD 的去除率达到最佳效果。

### 2.2.3 反应结束 pH 对 COD 去除率的影响

Fenton 氧化反应中，有机物被过氧化氢和其它反应中产生的氧化性自由基转化为有机中间体，同时新产生的氢氧化铁也能吸附和包裹有机物，从而达到去除 COD 的目的，由于反应体系中会有多余的  $\text{H}_2\text{O}_2$  产生 COD，导致 COD 的去除率下降，所以 3h 反应结束后要将反应体系的 pH 调至碱性，固定  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  的摩尔比为 0.05， $[\text{H}_2\text{O}_2]$  与废水的体积比为 2%，初始 pH 值调至 3，反应结束后用 30% 的 NaOH 调不同的 pH 值 (7、8、9、10、11)，静沉 1h 候测 COD。不同的最终 pH 对 COD 去除率的影响如图 6 所示。

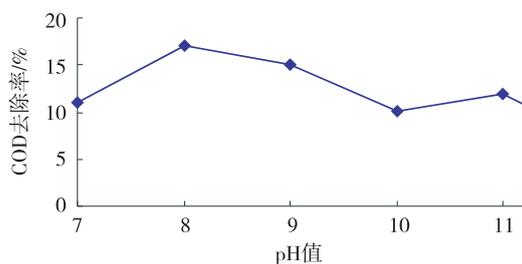


图6 不同 pH 对 COD 去除率的影响

如图 6 可看出，当反应结束后，可选择的最佳 pH 为 8，因此 Fenton 氧化 3h 后，加入 30% (质量分数) NaOH 溶液调节 pH 值为 8，然后静沉 1h 后再测 COD 的值。

### 2.2.4 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的投加量对 COD 去除率的影响

调节初始 pH 为 3，固定  $[\text{Fe}^{2+}] / [\text{H}_2\text{O}_2]$  的摩尔比为 0.05，投加不同量的  $\text{H}_2\text{O}_2$  (与废水体积比分别为 2%、5%、10%、15%)，反应结束后调节 pH 为 8。沉降 1h 后测 COD，实验结果如图 7 所示。

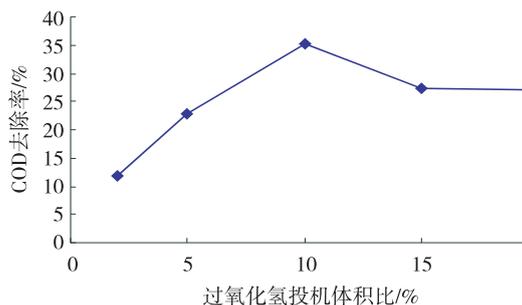


图7  $\text{H}_2\text{O}_2$  的投加量对 COD 去除率的影响

由图7可以看出,随着30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>投加量的增加,COD的去除率逐渐增大,当30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的体积比为10%时COD的去除率达到最大,随着投加量的增加COD的去除率反而下降。这是因为H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的浓度比较低时,随着用量的增加,产生的羟基自由基也会增加,会有更多的有机物被氧化。当H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的浓度过大时,Fe<sup>2+</sup>很快被大量氧化为Fe<sup>3+</sup>,从而抑制了羟基自由基的产生,同时又消耗了H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,从而导致氧化效果降低,而且残余的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>也会产生COD,导致COD去除率下降。但是,在用氢氧化钠调节pH时,产生大量的气泡,会增大运行难度,因此在实际废水处理中,鉴于成本和运行难度的考虑,建议过氧化氢在废水中的投加比例为2%~5%左右。

### 2.3 Fenton氧化出水的可生化性分析

在混凝和Fenton氧化的最佳实验条件下,原水COD的去除率可高达80%左右,然后再对Fenton出水的可生化性进行研究。

#### 2.3.1 B/C比

BOD<sub>5</sub>是按照国标法中的稀释接种法进行测定,测定过氧化氢的投加比为2%的Fenton出水的B/C比为0.32 > 0.3,由此可见它的生化性较好。

#### 2.3.2 COD<sub>30</sub>

COD<sub>30</sub>做法如下:首先,将Fenton氧化出水的COD调整在1000~2000mg/L左右,用低浓度硫酸将稀释后的水样pH值调节在7左右;然后,按照C:N:P=100:5:1加入氯化铵和磷酸二氢钾补充微生物营养以及其它微量元素;最后将配好的2L待测试水样置于3L的聚乙烯筒中,放于暗处,按照400:1的量接种活性污泥,开启曝气,每天测定COD的变化情况,测定COD的动向。测定过程中,样品经过0.45μm的滤膜过滤,以去除细菌对COD的影响,测定结果如图8所示。

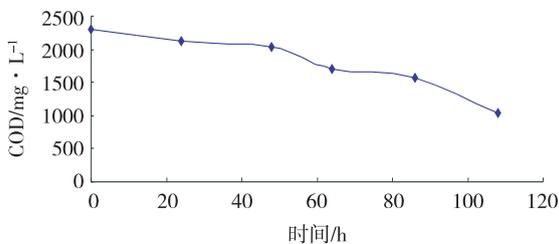


图8 COD<sub>30</sub>

COD<sub>30</sub>的测定结果与B/C比的结果相符,说明Fenton氧化出水的生化性比较好,可以继续生化处理。

### 3 结论

混凝/Fenton氧化可以作为高浓度COD丙烯酸废水的一种预处理手段,可使废水的COD去除率高达80%左右。但出于成本、运行难度和污泥量的考虑,其混凝最佳反应条件为:10% PAC投加量为5%,1‰ PAM投加量为0.25%,pH为9,反应时间1h;Fenton最佳反应条件:初始pH为3,[Fe<sup>2+</sup>]/[H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]的摩尔比为0.05,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>与废水的体积比为2%左右,反应时间3h,沉降1h,此时的COD去除率可达60%左右,而且生化性较好,可以进行后续的生化处理。

#### 参考文献:

- [1] 刘琰,孙德智. 甲基橙废水的常温常压催化湿式氧化实验研究[J]. 安全与环境学报, 2005, 10(2).
- [2] 陈刚,李丹阳,张光明. 高浓度难降解有机废水处理技术[J]. 工业水处理, 2003, 23(3).
- [3] 袁林,柴立元,闵小波. 活性污泥改性及其在废水处理中的应用[J]. 工业安全与环保, 2006, 32(4).
- [4] 高廷耀,顾国维. 水污染控制工程(第2版)[M]. 北京:高等教育出版社, 1999.
- [5] 高萌,陈玉成,谢倩,等. 印染废水的混凝处理效果[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2010, 32(7).
- [6] 张蓉蓉. Fenton试剂氧化预处理橡胶促进剂NS生产废水的研究[J]. 污染防治技术, 2009, 22(5).
- [7] 高超,乐清华,冯杰. Fenton氧化法降解丙烯酸废水的研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(7).
- [8] 顾晓扬,汪晓军,陈思莉,等. Fenton试剂处理含有机硅废水的研究[J]. 印染助剂, 2007, 24(7).
- [9] Kallel M., Belaid C., Boussahel R., et al. Olive mill wastewater degradation by Fenton oxidation with zero-valent iron and hydrogen peroxide [J]. Hazard Mater, 2009, 163(2~3).
- [10] Areal Lakhimi, Mehmet A. Oturan, Nihal Oturan, et al. Removal of textile dyes from water by the electro Fenton process [J]. Environmental Chemistry Letters, 2007, 5(1).
- [11] Vilve M., Hirvonen A., Sillanp. Effects of reaction conditions on nuclear laundry water treatment in Fenton process [J]. Hazard. Mater., 2009, 164(2~3).
- [12] Yang Deng, James D., Englehardt. Treatment of landfill leachate by the Fenton process [J]. Water Research, 2006, (40).
- [13] Ma Xiang-Juan, Xia Hui-Long. Treatment of water based printing ink wastewater by Fenton process combined with coagulation [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 162(1).
- [14] 吴克明,陈新丽,陆艳. Fenton混凝沉淀法处理高浓度焦化废水的研究. 电力环境保护, 2005, 21(3).
- [15] 郭峰波. UV/Fenton试剂处理DDNP废水研究[J]. 火工品, 2006, (10).
- [16] 徐向荣,王文华,李华斌. Fenton试剂处理酸性染料废水的研究[J]. 环境导报, 1997, 12(6).

## Treatment of Acrylic Acid Wastewater with Combining Coagulation and Fenton Process

ZHAO Jing - jing, ZHANG Ming, ZHANG Wei - jun

(School of Resources and Environmental Science of East China Normal University, Shanghai 200062 China)

**Abstract:** Treatment of less - biodegradable acrylic acid wastewater with combining coagulation and Fenton process was researched to find out the impacts on removal rate of COD. The results showed that the removal rate of the wastewater with high concentration of 150000 ~ 160000mg/L can reach 80% by the process. However, for the consideration of the actual production of cost, operation difficulty and sludge quantity, the optimal reaction of coagulation were that the dosage of 10% PAC was 5% with 0.25% of 1‰ PAM, pH was 9, the reaction time was 5 minutes. The optimal reaction of Fenton were that initial pH was 3, and the mole rate of Fe<sup>2+</sup> to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was 0.05, and the volume rate of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to water was about 2% with 3 hours reaction time and 1 hour sedimentation. Under above conditions, the removal rate of COD can reach about 60% with excellent biodegradability.

**Key words:** coagulation and Fenton oxidation; removal rate of COD; biodegradability; acrylic acid wastewater

## 欢迎订阅 2012 年《环境监测管理与技术》

《环境监测管理与技术》杂志是由江苏省环境监测中心和南京市环境监测中心站联合主办的集学术性与实用性于一体的环境科技双月刊,国内统一刊号:CN 32 - 1418/X,国际标准刊号:ISSN 1006 - 2009。本刊立足江苏,面向全国,以从事环境管理、环境监测、环境监察和环境科研、环境教学的专业技术人员、管理干部、教师及其他环境科技工作者为服务对象,辟有管理与改革、环境监察、专论与综述、研究报告、调查与评价、标准化、监测技术、污染防治技术、争鸣与探索、工作经验、知识介绍、国外环境、动态与简讯等栏目,从多角度向读者介绍国内外环境保护的新成果、新技术、新动态、新经验。

本刊为中国科技论文统计源期刊,全国中文核心期刊、江苏省一级期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,入编《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、“万方数据 - 数字化期刊群”、《中文科技期刊数据库》,被《中国核心期刊(遴选)数据库》《环境科学文摘》《中国无机分析化学文摘》等收录,2000 年获第一届全国优秀环境期刊二等奖,2001 年获首届《CAJ - CD 规范》执行优秀奖。

本刊邮发代号:28 - 341,全国各地邮局均可订阅。如漏订,可向本刊编辑部补订。本刊逢双月 25 日出版,定价为 8.00 元/期,全年定价 48.00 元。热忱欢迎新、老订户订阅。

编辑部地址:南京市虎踞路 175 号

邮政编码:210013

电子信箱:HJJS@chinajournal.net.cn

电话:(025) 83701931

网络地址:http://HJJS.chinajournal.net.cn

传真:(025) 83336958

收款单位:南京市思必得环保技术装备公司

开户银行:南京银行山西路支行

银行账号:088380201091165109

# 蓝藻藻华规模化清除技术应用研究

胡明明<sup>1</sup>, 孙阳<sup>1</sup>, 匡民<sup>2</sup>, 孙晓鹏<sup>1</sup>, 李新<sup>1</sup>, 张小龙<sup>1</sup>

(1. 无锡德林海藻水分离科技发展有限公司, 江苏 无锡 214000;

2. 无锡蓝藻治理办公室, 江苏 无锡 214000)

**摘要:** 在实验室试验的基础上, 基于气浮原理开发了规模化清除蓝藻藻华方法 (专利号: 200810058076.4) 和藻水分离技术 (专利号: 200710065795.4、200710066435.6、200710066251.X), 使蓝藻藻华清除率 >95%, 实际应用于滇池和太湖大规模清除蓝藻藻华, 为蓝藻藻华的治理提供了一种有效的技术方法。

**关键词:** 蓝藻藻华; 藻水分离技术; 规模化; 清除

**中图分类号:** X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0062-03

近年来, 我国部分湖泊、河流水源地蓝藻藻华频发, 不但直接损害湖泊生态系统的健康, 而且还威胁到了周边城市的饮用水源, 甚至引发了城市供水危机, 形势颇为严峻。有效的蓝藻治理技术仍是世界性的难题, 抑制蓝藻暴发和根治富营养化的可用技术缺乏。蓝藻大量暴发迫切需要寻求新的技术手段, 能够有效、规模化、无害化清除蓝藻藻华, 以保护水源地, 改善局部水体景观, 为蓝藻暴发应急提供新的手段。气浮法是一种广泛应用于自来水给水工程中的除藻技术, 普通气浮除藻效率很难达到 90% 以上, 且藻渣较难处理。本文以滇池富藻水在实验室试验取得成功的基础上, 采用基于气浮原理的藻水分离技术示范并应用于滇池和太湖。

## 1 试验方法与装置

### 1.1 静态实验室小试试验

实验室试验装置为研发的强化溶气气浮装置如图 1、2 所示, 取自湖泊富藻水, 经过反复试验, 针对水体及蓝藻特点, 对絮凝剂、溶气工艺、溶气罐及填料结构进行了强化改进, 试验规模为 14m<sup>3</sup>/d 富藻水。

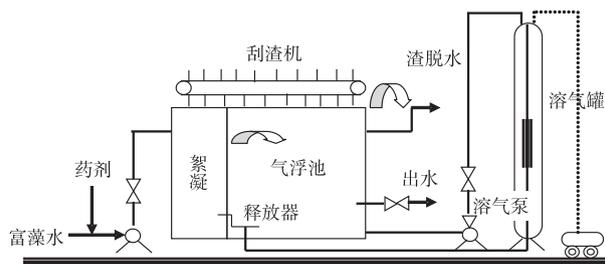


图1 藻水分离工艺示意图

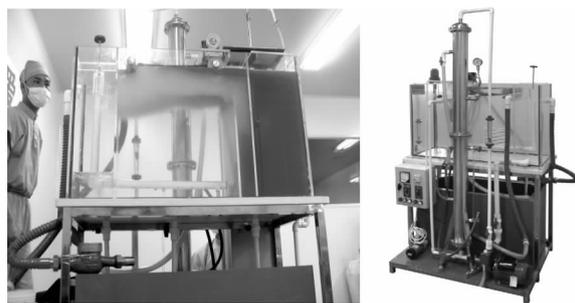


图2 藻水分离装置

### 1.2 实际示范与应用清除蓝藻藻华

在实验室验证了用强化溶气气浮以及藻浆脱水集成技术相关技术参数及清除蓝藻的试验效果后, 采用藻水分离技术在滇池北岸高密度藻水区建设了示范工程, 处理规模为 10000m<sup>3</sup>/d。藻水分离技术由移动式蓝藻收集输送、混凝、气浮、分离、自控、藻渣脱水等组成, 通过示范后在滇池、太湖建成 8 座规模为 5000m<sup>3</sup>/d、10000m<sup>3</sup>/d 藻水分离站, 建成了 2 个蓝藻沼气发电基地与 1 个蓝藻有机肥厂, 进行了实际应用。

### 1.3 分析项目和分析方法

数据采集自现已运行的藻水分离站, 分别采集进水、出水水样进行理化分析, 测试项目: pH 值、蓝藻数量、叶绿素 A、总氮、总磷、化学需氧量等。

各项水质指标的测定参照国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》及《湖泊富营养化调查规范》进行, 分析测试由当地具有分析测试资质的部门负责。

## 2 结果与讨论

(1) 对蓝藻藻华、叶绿素 A 清除效果

从图3、图4分析测试结果来看,藻水分离技术对蓝藻藻华有很好的清除效果,去除率平均为99.79%。对叶绿素A也有良好的去除效果,平均为95.19%,小于蓝藻的去除率,这可能是叶绿素A主要反映的是水体中活藻生物。

蓝藻以单细胞或细胞群囊团的形式悬浮于水中,是絮凝与气泡附着最理想的靶标。普通气浮技术处理一般密度含藻水(藻类计数 $10^7$  cell/L以下)的效果较好,但处理高密度(藻类计数 $10^8$  cell/L)、极高密度(藻类计数 $10^9$  cell/L数量级)含藻水的效果较差,去除率低于85%。从分析测试数据可以看到,该装置清除效果较稳定,适应范围较广。

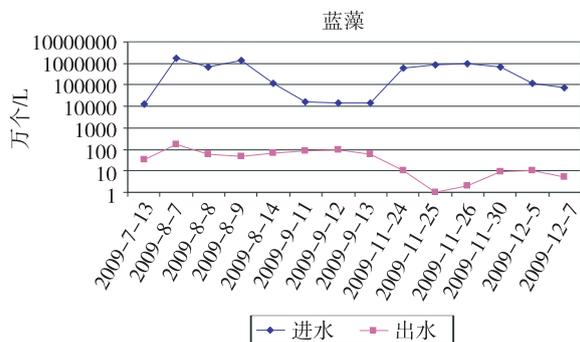


图3 蓝藻藻华去除率

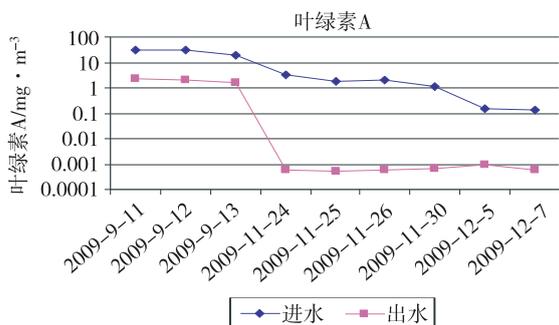


图4 叶绿素A去除率

## (2) 对总氮、总磷、化学需氧量清除效果

从图5、图6、图7分析测试结果来看,总氮平均去除率为96.36%,总磷平均去除率为99.73%,化学需氧量平均为98.35%。藻水分离技术不但对蓝藻藻华有很好的去除率,同时对氮、磷等营养元素及有机物的去除也有较好的效果。对水中颗粒物、悬浮有机物、胶状有机物去除效果良好。说明改良强化后的溶气气浮装置除藻率高,上浮速度快,气泡粒径更小,气泡数量更大,气泡和颗粒相互碰撞粘附概率增大,处理速率可调控,从而极大地提高了气浮能力。

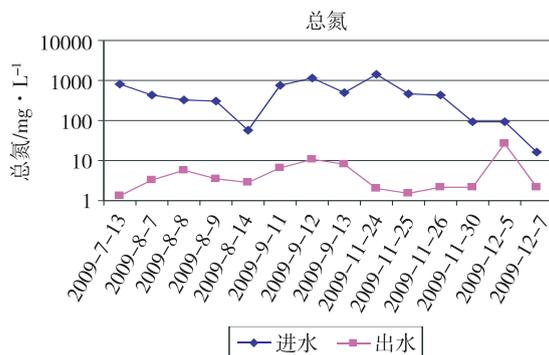


图5 总氮去除率

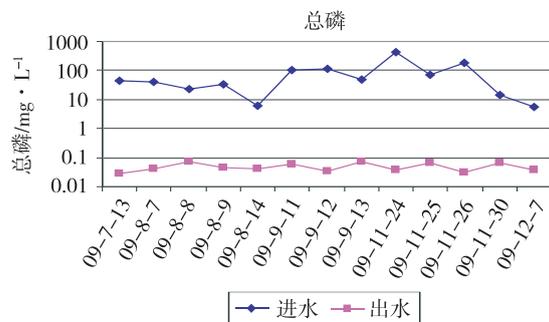


图6 总磷去除率

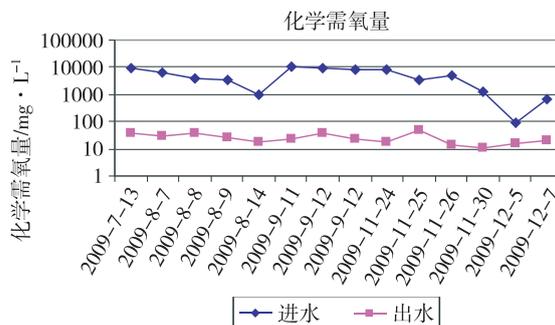


图7 化学需氧量去除率

(3) 本研究采用了新型溶气气浮强化工艺,连续稳定地产生粒径 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 微气泡,产生的气泡不仅细微,而且粒度均匀、密度大、上浮稳定,对液体扰动小,因此特别适合于对疏松絮凝体、细小颗粒的固液分离。工艺过程及设备比较简单,便于维护管理,可控制气泡与富藻水的接触时间。正因为除藻率高、速度快,所以该装置靠流量而不是靠容量达到处理规模,为规模化应用提供了保证。

(4) 藻水分离工艺过程中,产生一定量的藻渣,藻渣中含有氮磷等物质,鲜藻渣含水量达97%~99%,必须脱水后才可能进一步处置,如不妥善处理藻渣,可造成二次污染,因此,藻渣的处理是至关重要的一个环节。藻浆脱水的难度,在于蓝藻中占优势种群的微囊藻的特殊结构。微囊藻通

常以囊团的形式存在，一个囊团中可含有数十或数百个细胞，囊团的外膜是一层胶被。囊团内含有大量的水分，而囊团内的水分是难以用普通机械方式脱去。

本项目对于藻渣的处理，采用改进的离心脱水工艺进行脱水，经脱水后的藻渣含水率可以降至80%~90%，可以制肥料，或者作为当地生物质能发电的原料。

### 3 结论

(1) 基于气浮原理的藻水分离技术对高浓度富藻水有极高的清除率，能够高效、快速、安全地清除蓝藻，带走氮、磷等营养元素，降低水体的富营养化程度。

(2) 规模化清除蓝藻藻华具有很好的效果，蓝藻去除率达到99.79%，叶绿素A去除率为95.19%。

(3) 对有机物具有很好的去除效果，化学需

氧量平均为98.35%。总氮去除率为96.36%，总磷去除率为99.73%。

(4) 采用改进的离心脱水工艺进行脱水，经脱水后的藻渣含水率可以降至80%~90%。

#### 参考文献：

- [1] 沈银武, 刘永定, 吴国樵, 等. 富营养湖泊滇池水华蓝藻的机械清除 [J]. 水生生物学报, 2004, 28 (2).
- [2] 肖兴富, 李文奇, 刘娜. 富营养化水体中蓝藻毒素的危害及其控制 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, (2).
- [3] 王毅力, 汤鸿霄. 气浮净水技术研究及进展 [J]. 环境科学进展, 1999, 7 (6).
- [4] 刘洋, 张声, 张晓健. 溶气气浮工艺处理密云水库水的研究 [J]. 工业用水与废水, 2004, (6).
- [5] 何圣兵, 孟凡良, 王宝贞. 溶气气浮法与沉淀法的处理效果比较 [J]. 中国给水排水, 2002, 18 (5).
- [6] 刘文江, 戴之荷. 气浮技术在水库水处理中的应用 [J]. 给水排水, 2000, (9).
- [7] 曾文炉, 李宝华, 蔡昭铃, 等. 微藻细胞的连续气浮法采收 [J]. 水生生物学报, 2003, 27 (5).

## Research on Large – scale Removal Technology of Cyanobacteria Bloom

HU Ming – ming<sup>1</sup>, SUN Yang<sup>1</sup>, KUANG Min<sup>2</sup>, SUN Xiao – peng<sup>1</sup>, LI Xin<sup>1</sup>, ZHANG Xiao – long<sup>1</sup>

(1. Wuxi Delin Hai Green Treatment on Algae, Wuxi Jiangsu 214000 China)

**Abstract:** One new large – scale removal technology of cyanobacteria based on the theory of airfloatation was developed as well as separation technology of cyanobacteria and water. The removal rate of cyanobacteria by the technology is more than 95%, which was applied in Dianchi lake and Tai lake.

**Key words:** cyanobacteria bloom; separation technology of cyanobacteria and water; large – scale; removal

# 关于我国自然环境旅游适宜性评价内容的探讨

裴伶俐<sup>1</sup>, 王洪俊<sup>2</sup>

(1. 长江师范学院, 重庆 涪陵 408100; 2. 北华大学林学院, 吉林 吉林 132013)

**摘要:** 主要对自然环境旅游适宜性评价内涵进行了阐述, 对其评价内容进行了综述。

**关键词:** 旅游业; 自然环境; 旅游适宜性

**中图分类号:** X82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0065-03

进入 21 世纪, 人们体验自然、关注生态, 已成为现代旅游业发展的一种趋势。然而, 随着人们对自然索取力度的不断加大, 对环境的破坏作用也日益显现, 出现诸如空气污染、噪声污染、水污染、生物资源减少等严重生态环境恶化问题。这些问题严重影响了旅游业的健康发展, 旅游环境问题已成为社会广泛关注的焦点。因此, 对旅游环境适宜性进行评价已成为热点话题, 从哪些方面进行评价是旅游环境研究中首先要解决的问题。

## 1 自然环境旅游适宜性研究现状

到 20 世纪 90 年代, 我国对自然环境旅游适宜性评价与环境质量评价相结合, 开始对自然环境的旅游适宜性进行研究。崔凤军首次解释了旅游地自然环境旅游适宜性的含义<sup>[1]</sup>。钟林生等根据生态旅游的理念<sup>[2]</sup>, 也提出生态旅游适宜度评价的概念和原则。从研究内容来看, 包括以下两方面内容: 旅游地环境质量多从大气、土壤、水环境、气候等多个方面进行研究<sup>[3,4]</sup>; 对旅游地环境旅游适宜性主要涉及的区域有自然保护区<sup>[5]</sup>、森林公园、城市绿地<sup>[6]</sup>、森林植物园<sup>[7]</sup>。从研究方法上看, 我国学者主要采取主成分分析法<sup>[3,4]</sup>、数学模糊<sup>[8]</sup>等对旅游环境适宜性进行评价研究。

## 2 自然环境旅游适宜性评价研究的内容

### 2.1 气候的旅游适宜性评价研究

我国对旅游气候舒适度的研究始于 20 世纪 80 年代。从研究内容来看, 主要包括以下几个方面: ①采用人体舒适度指标对旅游地的舒适程度和适宜旅游期进行分析评价<sup>[9~11]</sup>; ②对冬季旅游气候的研究<sup>[12]</sup>; ③旅游气候区划分研究。从研究方法来看, 对旅游气候资源的特点定量研究主要是舒适度和旅游适宜期等方面。各位学者采用的评价指标也

是多种多样的: ①使用比较多的是温湿指数<sup>[13,4]</sup>、人体舒适度指数<sup>[15~17]</sup>和风效指数<sup>[18,19]</sup>; ②考虑旅游活动的相关性采用适合不同旅游时间的不同舒适度指标如各月舒适度指数、寒冷指数和平均着衣指数<sup>[20]</sup>。

### 2.2 空气质量的旅游适宜性评价研究

空气质量是决定旅游适宜性的决定性因素。对于空气质量旅游适宜性的评价主要从空气负离子效应、空气粉尘含量和空气细菌含量等因子考虑。

#### 2.2.1 空气负离子的研究

空气中的负离子被誉为空气维生素<sup>[21]</sup>。空气负离子与人的体感舒适程度密切相关, 是衡量旅游地空气环境质量的重要指标。我国对空气负离子的研究始于 1978 年, 经历了 20 世纪 80 年代初和 90 年代初两个负离子的研究发展高潮<sup>[22]</sup>。我国关于空气负离子方面的研究, 主要侧重在人为干扰环境和自然环境中空气负离子的分布规律<sup>[23,24]</sup>。

目前, 对不同区域的空气负离子浓度进行监测总结得出空气负离子浓度最高是在瀑布、海滨、河谷附近<sup>[25~28]</sup>。日变化规律一天中, 空气负离子浓度有两个波峰值 07~09 时和 22~24 时<sup>[29]</sup>。年变化规律一年中, 空气负离子浓度夏、秋季高于冬、春季; 且夏季最高, 冬季最低<sup>[29]</sup>。还有研究人员发现空气负离子浓度在近地层一般随着海拔高度的增加而增大, 室外空气负离子浓度一般高于室内<sup>[30]</sup>。乔灌草复层结构负离子浓度最高, 草单层结构浓度最低<sup>[26]</sup>。

#### 2.2.2 空气粉尘浓度的研究

粉尘浓度过大会对大气环境及人类健康造成一定危害, 所以空气粉尘含量是评价一个旅游地空气质量旅游适宜程度的重要指标之一。

我国自 20 世纪 90 年代以来, 研究得出乔、灌、草构成合理的绿化结构具有较好的滞尘效

收稿日期: 2011-06-09

作者简介: 裴伶俐 (1982-), 女, 湖北宜昌人, 助教, 硕士, 景观配置生态学。

益<sup>[31,32]</sup>, 祝宁也得出此结论<sup>[33]</sup>。不同树种之间的滞尘能力存在着差别<sup>[34,35]</sup>, 滞尘能力差异很大主要是因为不同植物滞尘能力的差异与叶片的表面特性(皱纹、粗糙、绒毛、油脂等)及其湿润性有密切关系, 滞尘量的多少与树冠总叶面积、枝干分枝角度、树冠形状等有关<sup>[36]</sup>。

### 2.2.3 空气细菌含量的研究

旅游地空气含菌量不仅是衡量旅游地空气质量的重要指标, 也是衡量旅游地空气旅游适宜性的重要指标之一。植物具有一定的杀菌作用, 可以减少空气中的含菌量<sup>[37]</sup>。植物种类不同, 对环境微生物的作用效果也不同<sup>[38-40]</sup>, 不同的植物群落对空气中细菌含量的影响作用也不同<sup>[41,42]</sup>。

### 2.3 生物环境的旅游适宜性评价研究

我国对生物多样性的评价主要从多样性程度、植物景观季相美感度、植物珍稀度等几方面进行综合评价。将区域分为高度适宜开展旅游活动的区、生物环境中度适宜区和勉强旅游适宜区。造成部分景点适宜性减弱的原因可能是旅游过度开发<sup>[43]</sup>、游客量的增多<sup>[44]</sup>、旅游活动等<sup>[45]</sup>。

### 2.4 水环境的旅游适宜性评价研究

国内学者对旅游地水环境旅游适宜性评价主要选取物理性质和化学性质等指标进行衡量<sup>[45,46]</sup>。近年来, 在评价方法上人们常用综合污染指数<sup>[47]</sup>、内梅罗指数<sup>[47]</sup>、模糊综合评价法<sup>[48]</sup>及灰色关联度分析法<sup>[49]</sup>、灰色聚类法<sup>[50]</sup>等方法来进行水环境的综合评价。

### 2.5 声环境的旅游适宜性评价研究

旅游地的环境噪声主要是由服务业、娱乐、交通设施和人员流动所引起的。丰富的植被条件, 具有良好的隔音减噪效应, 可以有效地衰减噪音, 形成安静的休闲空间<sup>[51,52]</sup>。我国对植物降噪效果的研究开始于2000年。一些研究者测量了不同类型的林带的降噪效果<sup>[53,54]</sup>, 上海市率先进行了降噪绿地的研究和营造, 对植物的减噪机理、降噪绿地的特征<sup>[55]</sup>进行研究。

## 3 结论

通过总结得出我国自然环境旅游适宜性评价内容包括气候、空气质量、生物环境、水环境、声环境五方面, 主要是对单个环境要素的评价有较大突破, 且日趋完善, 但还存在一些不足, 如对地质地貌的评价相对较少, 且不成熟。而且研究方法比较单一, 大多数采用层次分析法, 采用定性、定量或定性定量结合评价。总之, 自然环境旅游适宜性评

价是促进旅游业可持续发展的保障, 有很强的实用性和现实意义, 需要更进一步发展。

#### 参考文献:

- [1] 崔凤军. 风景旅游区的保护和管理 [M]. 北京: 中国旅游出版社, 2001.
- [2] 钟林生, 肖笃宁, 赵士洞. 乌苏里江国家森林公园生态旅游适宜度评价 [J]. 自然资源学报, 2002, 17 (1).
- [3] 王忠君. 福州国家森林公园生态效益与自然环境旅游适宜性评价研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [4] 汪君. 冶力关国家森林公园旅游资源——自然环境旅游适宜性分析与评价 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.
- [5] 栗辉, 刘晓东, 邢军会. 黑龙江省森林植物园固碳释氧及降温增湿效益 [J]. 东北林业大学学报, 2008, 36 (11).
- [6] 陈自新, 苏雪痕, 刘少宗. 北京城市园林绿化生态效益的研究 [J]. 中国园林, 1998, 14 (6).
- [7] 周晓峰, 蒋敏元. 黑龙江省森林效益的计量、评价及补偿 [J]. 林业科学, 1999, 35 (3).
- [8] 吴楚材, 黄艺, 刘云国, 等. 张家界国家森林公园环境质量评价 [J]. 中国园林, 1994, 10 (3).
- [9] 陈胜军, 樊高峰, 郭力民. 浙江海岛休闲旅游适宜时段研究 [J]. 气象科技, 2006, 34 (6).
- [10] 周蕾芝, 张国庆, 张爱光. 森林公园建设中舒适度问题的探讨 [J]. 林业资源管理, 2002, (2).
- [11] 廖善刚. 福建省旅游气候资源分析 [J]. 福建师范大学学报, 1998, 14 (1).
- [12] 王明娜, 孙彦坤. 哈尔滨地区冬季旅游气候舒适度模糊综合评判 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39 (2).
- [13] 陈瑾文, 杨恕良. 贵州西南部旅游气候资源及其开发利用 [J]. 贵州气象, 2002, 26 (3).
- [14] 徐向华, 穆彪. 赤水景区旅游气候资源分析与评价 [J]. 贵州大学学报 (农业与生物科学版), 2002, 21 (5).
- [15] 范伶俐. 湛江旅游气候资源评价及利用 [J]. 四川气象, 2002, 82 (4).
- [16] 李京平, 胡毅, 朱克云. 丽江地区旅游气候资源研究 [J]. 成都信息工程学院学报, 2001, 16 (3).
- [17] 胡毅, 朱克云, 江毓忠. 成都及附近地区旅游气候资源研究 [J]. 成都信息工程学院学报, 2001, 16 (4).
- [18] 覃卫坚. 广西旅游气候舒适度分析 [J]. 广西气象, 2003, 24 (4).
- [19] 吴丽娜. 厦门市旅游气候资源评价及其利用 [J]. 福建地理, 2001, 16 (3).
- [20] 任健美, 牛俊杰, 胡彩虹, 等. 五台山旅游气候及其舒适度评价 [J]. 地理研究, 2004, 23 (6).
- [21] 刘云国, 吕健. 大型人造园林中的空气负离子分布规律 [J]. 中南林学院学报, 2003, 23 (1).
- [22] 邵海荣, 贺庆棠, 海平. 北京地区空气负离子浓度时空变化特征的研究 [J]. 北京林业大学学报 (自然科学版), 2005, 27 (3).
- [23] 李安伯. 空气离子研究近况 [J]. 中华理疗杂志, 1988, 11 (2).
- [24] 吴楚材, 郑群明, 钟林生. 森林游憩区空气负离子水平的研究 [J]. 林业科学, 2001, 37 (5).

- [25] 兰思仁. 国家森林公园理论与实践 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [26] 王洪俊. 城市森林结构对空气负离子水平的影响 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2004, 28 (5).
- [27] 黄建武, 陶家元. 空气负离子资源开发与生态旅游 [J]. 华中师范大学学报, 2002, 36 (2).
- [28] 颜加强, 刘同想, 余化平, 等. 峨眉山林疗养因子的综合分析及应用 [J]. 中国疗养学, 1999, 8 (6).
- [29] 吴楚材, 郑群明, 钟林生. 森林游憩区空气负离子水平的研究 [J]. 林业科学, 2001, 37 (5).
- [30] 蒙晋佳, 张燕. 广西部分景点地面上空气负离子浓度的分布规律 [J]. 环境科学研究, 2004, 17 (3).
- [31] 张新献, 古润泽. 北京城市居住区绿地的滞尘效益 [J]. 北京林业大学学报, 1997, 19 (4).
- [32] 赵勇, 李树人. 大气污染分区与绿化模式的研究 [J]. 环境科学, 2003, 15 (6).
- [33] 祝宁, 李敏. 哈尔滨市绿地系统生态功能分析 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (9).
- [34] 陈玮, 何兴元. 东北地区城市针叶树冬季滞尘效应研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14 (12).
- [35] 刘玉新, 孙壮. 吉林市部分绿化树种的滞尘测定 [J]. 林农业科技学院报, 2008, 17 (2).
- [36] 康博文, 刘建军, 王得祥. 20种主要绿化树种滞尘能力的研究 [J]. 陕西林业科技, 2003, (4).
- [37] 李海梅, 何兴元. 中国城市森林研究现状及发展趋势 [J]. 生态学杂志, 2004, 23 (2).
- [38] 花晓梅. 树木杀菌作用研究初报 [J]. 林业科学, 1980, 16 (3).
- [39] 马杏绵. 华北珍珠梅杀菌作用的研究 [J]. 环境科学, 1985, 6 (2).
- [40] 褚泓阳. 园林树木杀菌作用的研究 [J]. 西北林学院学报, 1995, 10 (4).
- [41] 南京市环保所. 城市绿化减少空气含菌量效应的初步观察 [J]. 南林科技, 1976, (2).
- [42] 刘福才. 绿色植物减菌试验研究 [J]. 园林科技通讯, 1987, (2).
- [43] 李贞, 保继刚, 覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响研究 [J]. 地理学报, 1998, 11 (6).
- [44] 刘雁琪. 福州国家森林公园旅游静养区环境评价与建设研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [45] 石强. 张家界国家森林公园水环境评价 [J]. 福建林学院学报, 2006, 26 (3).
- [46] 刘锦霞, 张平卿. 宁夏沙湖旅游区环境现状评价及发展趋势分析 [J]. 干旱环境监测, 1997, 11 (3).
- [47] 李玉文. 环境分析与评价 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1999.
- [48] 阎伍久. 环境质量的二级模糊综合评价模型研究 [J]. 环境保护科学, 1992, 18 (2).
- [49] 王红瑞. 环境质量的模糊综合评判——灰色关联分析复合模型及其实例分析 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1997, 33 (4).
- [50] 慕金波. 灰色聚类法在水质环境评价中的应用 [J]. 环境科学, 1999, 12 (2).
- [51] 肖荣波, 邹涛, 周志翔. 枫杨绿带公路噪声测试与分析 [J]. 福建林学院学报, 2003, 23 (3).
- [52] 罗海霞, 丁建生. 复合式绿化林带在港区边界噪声防治中的应用 [J]. 交通环保, 2003, (4).
- [53] 陈振兴, 王喜平. 绿篱的减噪效果分析 [J]. 广东林业科技, 2003, 19 (2).
- [54] 张庆费, 庞名瑜. 上海主要绿化树种的抑菌物质和芳香成分分析 [J]. 植物资源与环境, 2000, 9 (2).
- [55] 张庆费, 肖姣姣. 降噪绿地: 研究与营造 [J]. 建设科技, 2004, (21).

## Discussion on Suitability Assessment Content of Natural Environmental Tourism

PEI Ling - li<sup>1</sup>, WANG Hong - jun<sup>2</sup>

(1. Yangtze Normal University, Fuling, Chongqing 408100 China)

**Abstract:** The connotation of suitability assessment of natural environmental landscape was demonstrated. The assessment contents were summarized as well.

**Key words:** tourism; natural environment; tourism suitability.

# 纳板河保护区生态旅游资源分析与评价

何彩周, 袁国林, 姜 婷

(纳板河流域国家级自然保护区管理局, 云南 景洪 666100)

**摘 要:** 在总结调查资料的基础上, 以西双版纳纳板河流域国家级自然保护区的生态旅游资源为研究对象, 对其进行分类并评价, 以期为今后保护区旅游开发提供科学依据。

**关键词:** 生态旅游; 资源分析评价; 纳板河保护区

**中图分类号:** X24     **文献标识码:** A     **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0068-03

云南西双版纳纳板河流域国家级自然保护区(以下简称保护区)是我国第一个按小流域生物圈保护区的理念建立的多功能综合型自然保护区, 位于西双版纳州景洪市与勐海县接壤处。笔者调查了曼点、澜沧江沿岸、大糯有、小糯有、过门山、蚌岗等地, 对保护区的生态旅游资源进行了分析与评价。

## 1 保护区概况<sup>[1]</sup>

纳板河保护区地理坐标为北纬 22°04′~22°17′, 东经 100°32′~100°44′, 总土地面积 266km<sup>2</sup>。纳板河保护区内的主要特点是居民不搬迁, 行政区划、土地权属不变, 居住着傣、哈尼、拉祜、布朗、彝和汉等 6 种少数民族约 6000 人。

## 2 生态旅游发展背景分析

### 2.1 区位条件

西双版纳景洪市具有水、陆、空立体的交通区位优势, 距离昆明 550km, 全程为高速公路; 澜沧江-湄公河航道、国道可直达老挝、泰国等东南亚国家; 泛亚铁路也将在“十二五”期间开工建设; 国际机场辐射全国, 可通往东南亚国家。保护区位于景洪市西北部, 可选择水、陆两种交通方式进入, 陆路 25km; 水路 16km。

### 2.2 自然环境条件

纳板河属澜沧江水系, 自北向南穿过保护区中部, 纳板河全长 24.5km, 沿途共有发源于两侧山地的 19 条大小河流沟箐。保护区最高海拔为 2304m, 最低海拔 539m, 年日照时数 1800~2300h, 年均温 18~22℃。植被包括 8 个类型, 已知维管束植物 278 科、1053 属、2345 种(变种、亚种), 已知脊椎动物有 35 目, 100 科, 285 属, 437 种, 昆虫 327 种。

## 3 生态旅游资源分析与评价

### 3.1 生态旅游资源类型

保护区旅游资源丰富, 类型较多, 按照《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972-2003)的划分标准, 对其进行系统分类<sup>[4]</sup>, 详见表 1。

可以看出, 保护区的旅游资源共有 6 大类, 13 亚类, 30 个基本类型。分别占“国标”相应类型的 75%、41.9%、19.4%, 这说明旅游资源类型比较丰富。

虽然保护区内有许多资源是非常稀缺和高品位的生态旅游资源, 但是保护区内的大多数资源并不能作为生态旅游开发, 特别是核心区和缓冲区内的自然资源。能作为生态旅游开发的只有实验区和周边区域, 而且不同的资源其开发方式也受到一定的限制, 如对于珍稀的动植物资源仅限于科学考察、科普教育性质的生态旅游开发<sup>[2,3]</sup>。

### 3.2 主要生态旅游资源

#### 3.2.1 亚热带民族文化遗产廊道

从曼点到小糯有上寨的公路沿线, 分布着傣族、哈尼族、拉祜族和布朗族(克木人)等民族, 线性分布着具有地方特色的宗教建筑、民居及依山傍水的民族村寨, 各民族绚丽多彩的服饰、美味可口的民族餐饮美食、别具一格的礼俗以及风情浓郁的民族节日等自然文化景观。

#### 3.2.2 小糯有上寨避暑休闲区

小糯有上寨位于保护区东北端, 距景洪 53km, 距过门山管理站 5km。该片区森林覆盖率高, 气候凉爽, 是避暑休闲的胜地, 主要以保护区瞭望塔、生态小道、拉祜族村寨、梯田景观为主要特色。

#### 3.2.3 曼点雨林瀑布景区

曼点瀑布雨林景区位于保护区最南端, 主要以热带沟谷雨林、河滩乱石、瀑布以及傣族风情为特色。

表1 纳板河保护区生态旅游资源表

主类	亚类	基本类型	单体名称
A 地文景观	AA 综合自然旅游地	AAA 山岳型旅游地 AAB 谷地型旅游地	安麻山、曼点河谷
	AC 地质地貌	ACF 岩壁与岩缝 ACL 岩石洞与岩穴	岩羊中央、白木管、蝙蝠洞
B 水域景观	BA 河段	BAA 观光游憩河段	澜沧江
	BC 瀑布	BCA 悬瀑	曼点瀑布
	BD 泉	BDB 温泉	大糯有温泉
C 生物景观	CA 树木	CAA 林地	热带雨林、热带季雨林、亚热带季风常绿阔叶林、苔藓常绿阔叶林等
		CAC 独树	古茶树、四数木、古苏铁、铁力木
	CD 野生动物栖息地	CDA 水生动物栖息地 CDB 陆地动物栖息地 CDC 鸟类栖息地 CDE 蝶类栖息地	澜沧江、纳板河、糯有河、南回蚌河、南木嘎河、南征河、曼点河、南果河电站
F 建筑与设施	FA 综合人文旅游地	FAA 教学科研实验场所	过门山管理站
		FAB 康体游览休闲度假地	曼点雨林瀑布景区
		FAC 宗教与祭祀活动场所	纳板佛寺
	FB 单体活动场馆	FBB 祭拜场馆	纳板佛寺
	FC 景观建筑	FCA 塔形建筑物	过门山管理站瞭望塔
FD 居住地与社区	FDA 传统与乡土建筑	傣族杆栏式建筑、傣族水井、哈尼族杆栏式建筑、布朗族杆栏式建筑、拉祜族掌楼房、傣族社区、哈尼族社区、布朗族社区、拉祜族社区	
	FDC 特色社区		
G 旅游商品	GAA 菜品饮食	烤鱼、竹筒饭、剁生、酸牛皮、糯米饭、野生蔬菜、煎竹虫、煎蜂蛹、煎青苔、酸笋煮鱼、肉粥、暴淹芭蕉心、豆粉丸子、酸肉、烤肉、螃蟹酱、油炸花蜘蛛等	
	GA 地方旅游商品	GAE 传统手工产品及工艺品	竹藤编制、傣族绣荷包、少数民族布艺、植物种子饰品、木雕等
H 人文活动	HCA 地方风俗与民间礼仪		傣族关门节禁止结婚和盖房、女婿上门、木棺火化土葬、无姓氏、嚼槟榔、纹身、哈尼族火塘三角架不准移动、月食之日不结婚、不在家中唱情歌、拉祜族的自然崇拜和祖先崇拜等
		HCB 民间节庆	傣族的泼水节、开门节和关门节，哈尼族十月年、六月年，拉祜族的献新米节、杀猪肉节、让生节等
		HCC 民间演艺	傣族“京比迈”、哈尼族“嘎汤帕”、布朗族节庆演唱、拉祜族芦笙舞等
	HC 民间习俗	HCD 民间健身活动与赛事	赛龙舟、堆沙、丢包、斗鸡、荡秋千、象脚鼓对踢、投竹竿、独绳秋千、顶头、脚斗、射弩、爬杆、布朗球、爬云梯、跳竹竿、大鼓舞、爬竹竿、跳芦笙
		HCE 宗教活动	浴佛节、关门节、贻都帕桑卡、竖寨门、祭寨神、祭竜、祭天神地神、扫寨、打斋
	HCF 庙会与民间集会		赶摆
	HCG 特色饮食习俗		烤鱼、竹筒饭、剁生、酸牛皮、糯米饭、煎青苔、酸笋煮鱼、肉粥、暴淹芭蕉心、豆粉丸子、酸肉、烤肉、螃蟹酱、油炸花蜘蛛、知了酱等
	HCH 特色服饰		傣族服饰、哈尼族服饰、拉祜族服饰、布朗族服饰
数量统计		6 个主类 13 个亚类 30 个基本类型	

### 3.2.4 澜沧江热带山水风光区

从景洪乘船沿着保护区东侧北上可观赏长达 26km 的热带山水风光，沿途两岸森林植被良好，风光秀美，以自然的山、水、林有机组合为特征，

观光休闲价值极高。

### 3.2.5 过门山科普小区

过门山科普小区位于保护区最北端，距景洪市 48km，主要以科普生态小道以及观鸟生态小道、

拉祜族村寨为主要特色。

### 3.3 生态旅游资源等级评价

#### 3.3.1 评价指标

按照《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972-2003),评价过程依据“旅游资源共有因子综合评价系统”对保护区的所有资源进行赋分<sup>[4]</sup>。

#### 3.3.2 评价方法

采取专家意见法对具有代表性的旅游资源进行打分评价。根据专家的打分结果,求得平均值,即为该旅游资源的得分,然后根据国家标准,确定其资源等级<sup>[4]</sup>。

#### 3.3.3 评价结果

评价结果<sup>[4]</sup>详见表2。

表2 旅游资源等级评价表

级别	旅游资源单体
优良级	四级 亚热带民族文化遗产廊道、小糯有上寨
	三级 曼点雨林瀑布景区、澜沧江风景河道、过门山管理站
普通级	二级 民族服饰、民间特色美食
	一级 江边管理站、大糯有温泉

可以看出保护区内可开发的主要生态旅游资源主要有5个:亚热带民族文化遗产廊道、小糯有上寨避暑休闲区、曼点雨林瀑布景区、澜沧江热带山水风光区、过门山科普小区。

## 4 生态旅游资源特色分析

### 4.1 民族风情浓郁

沿线村寨的少数民族文化保存得完整,和西双版纳

的其他旅游景区相比,保护区内原始古朴的民族文化将具有相当大的比较优势。

### 4.2 资源丰富而独特

保护区的旅游资源总体上呈南北走向分布,海拔高差达1765m,资源类型涵盖了自然风光和人文风情两大类,气候上跨越了北热带和中亚热带。北部是小糯有上寨避暑休闲区,海拔高达1600~1800m,气候凉爽宜人,适合开展避暑、观光、科考、探险及休闲度假;南部是曼点雨林瀑布景区,海拔只有700多米,高温多雨,属于典型的亚热带气候,适合开展雨林观光和户外休闲;中间则是民族风情浓郁的傣族、哈尼族、布朗族和拉祜族村寨,海拔由南向北逐渐升高,适合开展民族风情体验活动<sup>[5]</sup>。

### 4.3 主要旅游资源空间组合度好

保护区内的主要旅游资源呈环状分布,所有景区可以环环相连,自然风景和民族风情交相辉映,这样的旅游资源空间分布,十分利于游客的游览安排,对自驾车旅游者具有特别的吸引力。

#### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 西双版纳纳板河流域国家级自然保护区 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006.
- [2] 鲁小波. 自然保护区生态旅游开发与管理 [M]. 北京: 旅游教育出版社, 2010.
- [3] 石凤英. 论自然保护区的持续发展 [J]. 地理学国土研究, 1994, (4).
- [4] 杨桂华. 生态旅游 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 李晓铁. 关于自然保护区开展森林旅游一些问题的探讨 [J]. 广西林业勘测设计, 1997, 26 (1).

## Analysis and Assessment on Resource of Ecotourism in Nabanhe Nature Reserve

HE Cai - zhou, YUAN Guo - lin, JIANG Ting

(Nabanhe River Watershed National Nature Reserve Administration, Jinghong Yunnan 666100 China)

**Abstract:** The ecotourism resource in Nabanhe River Watershed National Nature Reserve (NRWNNR) was classified and assessed based on the investigation and summary, which will provide scientific reference for tourism development for the NRWNNR in the future.

**Key words:** ecotourism; analysis and assessment of resource; Nabanhe River Watershed National Nature Reserve

# 化工企业搬迁场地环境调查实践与思考

彭晶倩<sup>1</sup>, 李琳<sup>1</sup>, 郑川<sup>1</sup>, 洪卫<sup>1</sup>, 罗泽娇<sup>2</sup>

(1. 武汉市环境保护科学研究院, 湖北 武汉 430015; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 化工企业搬迁遗留下的土地存在较大的环境风险, 这些场地要改变土地利用方式, 必须对场地内的土壤及地下水污染情况进行详细调查和评估。结合武汉市调查实践总结了采样点布设、评价标准及管理体系等方面的经验, 同时对调查过程中出现的异常采样点、异常土壤以及地下水评价等问题进行了思考和分析, 对其他同类城市的化工企业搬迁场地环境调查具有参考价值。

**关键词:** 化工企业; 搬迁场地; 土壤; 环境调查

**中图分类号:** X82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0071-03

2007年公布的数据显示, 全国有25个省份存在周边安全防护距离不符合要求的危险化学品生产、储存企业, 需要搬迁企业达236家<sup>[1]</sup>。武汉是老工业基地, 中心城区内有13个工业小区, 随着城市化发展的推进及产业结构的调整, 这些工业小区中的工业企业都陆续进行了搬迁, 搬迁后的土地即将改变土地利用方式。然而这些工业企业遗留下的土地存在较大的环境风险, 这其中以化工企业最为突出, 所暴露的问题也最多, 因此化工企业搬迁场地环境调查是工业企业场地环境调查中的重点, 具有代表性。同时化工企业搬迁场地的环境调查既是土地利用规划的依据, 也是进行土壤修复的前提。

## 1 存在问题

### 1.1 评价标准不完善

我国现有与化工企业搬迁场地环境质量评价有关的标准有4个, 分别为《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)、《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》(HJ350-2007)、《工业企业土壤环境质量风险评价基准》(HJ/T25-1999)和《场地环境评价导则》。

《土壤环境质量标准》发布时间较早, 是从土壤应有功能、保护目标和土壤主要性质, 对土壤中污染物的最高允许浓度指标及相应的监测方法进行的规定, 仅适用于农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场、林地、自然保护区等土壤, 并不适用于城市土地利用类型以及人体健康风险评价。并且该标准只

对pH值、镉、汞、砷、铜、铬(Ⅲ)、锌、镍、六六六、滴滴涕等几种污染物进行了规定。而对于化工企业搬迁场地土壤中比较突出的有机污染物没有做相应规定。

《展览会用地土壤质量评价标准》规定了展览会用地土壤环境质量评价的项目、限值、监测方法和实施监督, 适用于展览会用地的土壤环境质量评价。其对14项无机污染物、24项挥发性有机物、47项半挥发性有机物、7项其他污染物进行了A、B级标准的界定。然而该标准针对的土地利用类型主要为住宅用地、场馆用地、商业用地、娱乐用地、学校用地、绿化用地、公共市政用地及其他用地, 用地范围有缺陷, 不能涵盖所有土地。

《工业企业土壤环境质量风险评价基准》是按照一般风险评价方法对工业企业土壤环境质量基准限值所做的规定, 适用于工业企业选址阶段及工业企业生产活动发生后界定区内土壤的环境质量风险评价, 不适用于采矿、农田和居住用地。

《场地环境评价导则》主要针对污染场地、特别是工业污染企业搬迁的场地进行土壤和地下水污染的调查与评价, 但其推荐居住用地土壤修复临界值所针对的污染物只有镉、砷、铍、镉、三价铬、六价铬、铜、无机汞、甲基汞、镍、硒、银、锌、临苯二甲酸二辛酯、六六六、DDT等16种, 其污染物种类远远不能满足化工企业土壤调查的需求。

从以上分析可以看出, 没有专门适用于城市中化工企业搬迁场地土壤环境调查的评价标准, 其污染物监测种类和适用范围难以满足城市土地利用的要求。

### 1.2 调查方法不规范

收稿日期: 2011-06-17

作者简介: 彭晶倩(1981-), 女, 湖北武汉人, 硕士, 主要从事环境调查、环境规划等工作。

我国目前用于场地环境调查程序的规范只有《场地环境调查技术规范》(征求意见稿),该技术规范对调查过程中的程序进行了规范,但在有些具体细节上没有明确规定。例如在详细调查阶段,采样点的水平布设中推荐了系统布点法,但对网格间距大小并没有进行明确规定。

### 1.3 管理体系不健全

目前我国用于搬迁场地环境调查的管理办法,只有《污染场地土壤环境管理暂行办法》(征求意见稿),该办法中规定“县级以上地方环境保护行政主管部门对本行政区域内污染场地土壤环境保护工作实施监督管理”。然而该管理办法尚未颁布实施,而在具体实践中,县级环境保护行政主管部门受监测能力和技术水平等多方面影响,对污染场地的监督工作仍处于探索阶段。

## 2 实践探索

以武汉市化工企业搬迁场地土壤及地下水调查实践为例,探索化工企业搬迁场地调查的技术与方法。

### 2.1 采样点布设方法

《场地环境调查技术规范》(征求意见稿)中采样点水平方向的布设推荐了4种方法:简单随机布点法、专业判断法、分区布点法、系统布点法。在实际工作中,对于地块较小,企业生产产品单一,生产工艺和潜在污染物明确的情况,采用专业判断法进行布设。例如某规模较小的化肥厂,其产品单一为尿素,生产工艺为无烟块煤固定床间歇气化制氨工艺,其采样点水平布设主要集中在清水池和污水池周围、煤炭堆场、造气精炼车间及合成塔周围。而对于地块较大,产品复杂,污染物分布不明确的地块,采用系统布点法。再如某大型染料厂,其产品种类多达十几种,潜在污染物种类多达几十种,因此其水平采样点布设采用系统的网格布点法,结合现场踏勘的情况,采用 $40 \times 40\text{m}$ 的网格进行布点,取网格中心点为采样点。

《场地环境调查技术规范》(征求意见稿)中采样点垂直方向的采样深度推荐按 $0.5 \sim 2\text{m}$ 等间距设置采样深度。但在实际工作中,大量污染物对表层土壤影响更显著,结合专业判断,采样点垂直方向的采样深度取 $0.5\text{m}$ 、 $1\text{m}$ 、 $3\text{m}$ 等。这种不等间距采样方法既可以充分说明对人体影响较为显著的表层土壤的污染情况,也考虑到污染物在深层土壤中的迁移,同时也大大削减了调查费用。

### 2.2 评价方法

《场地环境调查技术规范》(征求意见稿)初步调查中以《土壤环境质量标准》和《土壤环境质量评价技术规范》判断土壤污染是否超标。《土壤环境质量标准》如前所述规定的污染物种类太少,而《土壤环境质量评价技术规范》目前还未发布。详细调查中推荐的评价方法《场地环境监测技术导则》目前也未发布。因此在实际工作中,对于土壤污染物的评价标准只能参考《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》和《场地环境影响评价导则》中对各类污染物的评价标准。

### 2.3 管理方法

我国目前还没有对工业企业搬迁场地环境调查的管理责任和权限进行明确的规定。目前武汉市采取的是市级统一管理,区级协助调查的管理方法对全市工业企业腾退土地进行场地环境调查。

## 3 几点思考

### 3.1 关于异常采样点

在实际调查中发现有个别样品出现异常点。例如在对某化肥厂调查中,有1个深层土壤样品的铬含量是其他样品铬含量的几倍甚至十几倍,而在其产品工艺中没有铬参与生产过程。思考这种异常点存在的原因,结合土壤剖面特征,考虑是某些实验物品或者设备埋藏在地下较深处,或者在企业建设或者发展过程中外来土壤的影响。

### 3.2 关于异常土壤

异常土壤是指工业企业搬迁场地调查中发现的非正常地层结构的土壤。例如某些企业在不断发展和扩张过程中,将垃圾堆场改造为原料或者煤炭堆场,在实际调查中发现这些区域的土壤剖面与正常土壤不同,没有正常的地层结构,而是大量塑料袋等垃圾物品。从监测结果来看,这些异常土壤中所含的污染物质大大超过其他正常土壤,而对于非网格布点,这类异常土壤的污染范围和污染程度都很难确定,因此在调查采样过程中要特别关注这些异常土壤。

### 3.3 关于地下水

目前场地环境调查的地下水评价标准基本上都采用《地下水质量标准》(GB/T 14848-9),但在实际评价时要结合场地所属地理位置及土地再利用类型对其进行评价。例如,若场地靠近饮用水源保护区或者该场地地下水今后可能作为饮用水水源,则对地下水按照Ⅲ类标准进行评价。若场地远离饮用水源且在再利用过程中不会将地下水作为饮用水水源,则可以按Ⅳ类或者Ⅴ类标准进行评价。

#### 4 建议

化工企业搬迁是目前各大城市共同面临的问题,为了防范企业搬迁前后环境污染事故的发生,保障人民群众的生命安全,国家应尽快出台相关的管理办法、相应的调查和分析方法、相关的评价标准,规范化工企业搬迁场地环境调查的程序和方法,从而起到规避风险,防范未然的作用。

#### 参考文献:

- [1] 安朋伟. 寻找重化工企业的安全出口搬迁治标不治本 [EB/OL]. <http://info.chem.hc360.com/2010/01/180600100350.shtml>, 2010-01-18.
- [2] GB15618-1995, 土壤环境质量标准 [S].
- [3] HJ350-2007, 展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行) [S].
- [4] HJ/T25-1999, 工业企业土壤环境质量风险评价基准 [S].

## Practice and Consideration for Environmental Investigation of Chemical Enterprises' Relocated Sites

PENG Jing-qian<sup>1</sup>, LI Lin<sup>1</sup>, ZHENG Chuan<sup>1</sup>, HONG Wei<sup>1</sup>, LUO Ze-jiao<sup>2</sup>

(1. Wuhan Environmental Protection Science Research Institute, Wuhan Hubei 430015 China)

**Abstract:** There are large environmental risks for the chemical enterprises' relocated sites. The changes of the land use for these sites should require a detail investigation and evaluation on soil and underground water. The paper summarized the experiences on distributing the sampling points and assessment standard and management system in Wuhan. The reasons for abnormal sampling points and soil and underground water assessment were analyzed and considered as well, which will provide meaningful reference for other cities on the similar investigation.

**Key words:** chemical enterprises; relocated site; soil; environmental investigation

## 欢迎订阅《环境工程》杂志

《环境工程》是由中国钢铁工业协会主管,中冶建筑研究总院有限公司和中国环境科学学会环境工程分会主办,国内外公开发行的国家环境保护科技刊物。创刊于1982年,是我国跨地区、跨行业的环保应用型、工程类的杂志。主要报道冶金、石油、化工、电力、市政、煤炭、制药、轻工等行业的污染防治治理工程技术、科研成果、综合利用及清洁生产、新工艺、新设备、新材料和国内外环保信息等。

《环境工程》集实用性、先进性、学术性及国内外环保信息于一体。主要栏目有:水污染治理、烟气污染治理、固废处理、噪声治理、监测与评价、新型材料与设备、环保信息、经验交流等。

本刊为双月刊,大16开本,每期112页,双月22日出版,每期定价15.00元,全年6期共90.00元(包括邮费)。欢迎读者到当地邮局订阅(邮发代号82-64),也可通过银行或邮局汇款直接向本刊编辑部订阅。

经北京市工商行政部门批准,本刊辟有广告专栏,为国内外广告客户服务。

广告许可证:京海工商广字8231

地址:北京市海淀区西土城路33号《环境工程》编辑部 邮编:100088

电话:(010)82227638(编辑)/7236(发行)/7882、7191(广告)

E-mail: hjgc@public.yj.cn.net

# 基于熵权 - 属性识别模型的地表水质量评价

宫 博<sup>1,2</sup>, 许开立<sup>2</sup>, 李德顺<sup>3</sup>

(1. 沈阳化工大学化学工程学院, 辽宁 沈阳 110142;

2. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004;

3. 沈阳理工大学环境与化学工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

**摘要:** 利用熵权法并结合属性识别理论, 建立了熵权 - 属性识别模型。采用地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002) 作为依据, 选用 7 个影响因子作为评价指标, 利用熵权法确定各评价指标的权重以计算综合属性测度区间, 应用置信度准则和评分准则对地表水质量进行属性识别。实例研究表明, 该模型能有效地解决地表水质量评价的问题, 评价模型采用熵权法确定权重, 避免了权重确定中的主观性和随意性, 保证了评价工作的客观性和准确性。

**关键词:** 熵权; 属性识别模型; 地表水; 评价

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2011) 06 - 0074 - 04

地表水环境系统是一个受众多因素影响的开放系统, 人类活动产生的污染物进入水环境系统后, 使水环境质量发生变化, 进而危害人类的健康, 因而客观地对水环境质量进行评价, 为水污染防治和管理提供科学依据, 显得尤为重要。

为了评价地表水质量, 学者们提出了将定性与定量方法相结合的地表水质量评价方法, 如模糊数学方法, 物元可拓方法, 神经网络方法, 灰色理论方法等, 但这些方法各有其优缺点, 如模糊数学法难以区分相邻两类的差异; 物元可拓法在计算关联度时常以区间中点为最优, 从而遗漏了重要的约束条件, 导致结果与实际情况存在差异; 神经网络法在应用中受知识瓶颈的限制。另外, 在进行地表水质量评价时, 指标权重的确定是难点之一, 层次分析法、专家评分法和集值统计法在评价指标较多时实现起来较为困难, 且主观性较强。为此, 本文应用属性识别理论建立地表水质量评价模型, 并利用熵值法来确定指标权重, 提出了一种适合于地表水质量评价的熵权 - 属性识别理论模型。

## 1 属性识别理论模型简介

属性识别理论模型<sup>[1]</sup>是 20 世纪 90 年代由中国学者程乾生教授提出的一种属性数学模型, 是在模糊理论的基础上发展起来的, 如今已被成功地运用于评价领域。

## 1.1 属性空间矩阵及分类标准矩阵的建立<sup>[2-3]</sup>

在某一研究对象空间  $X$  上取  $n$  个样本, 构成一个样本空间:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ,  $x_i$  表示第  $i$  个评价对象; 每个对象有  $m$  个评价指标, 评价指标空间为  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ ,  $I_j$  表示第  $j$  个评价指标; 对每个评价指标取值有  $k$  个评价等级, 构成评价对象  $X$  的评价空间  $J$ , 若第  $i$  个评价对象的第  $j$  个评价指标  $I_j$  的数量值为  $X_{ij}$ , 那么对于第  $i$  个样品, 对  $m$  个指标测量后, 可以得到一个向量:  $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ ,  $1 \leq i \leq n$ 。

设  $F$  为  $X$  上某类属性空间,  $(c_1, c_2, \dots, c_k)$  为属性空间  $F$  的有序分割类, 代表有  $k$  个属性级别, 满足  $c_1 > c_2 > \dots > c_k$ , 每一个评价指标的属性分类已知, 写成属性分类标准矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_k \\ I_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ I_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} \end{bmatrix}$$

其中,  $a_{jh}$  满足  $a_{j1} < a_{j2} < \dots < a_{jk}$  或  $a_{j1} > a_{j2} > \dots > a_{jk}$ ,  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq h \leq k$ 。

## 1.2 样品属性测度的计算<sup>[4]</sup>

计算第  $i$  个评价样品的第  $j$  个指标实际测量值  $x_{ij}$  属于  $c_l$  类的单指标属性测度  $u_{ijl}$  ( $1 \leq l \leq k$ ), 可假定  $a_{j1} < a_{j2} < \dots < a_{jk}$  或  $(a_{j1} > a_{j2} > \dots > a_{jk})$ 。

当  $x_{ij} \leq a_{j1}$  或  $(x_{ij} \geq a_{jk})$  时, 取  $u_{ij1} = 1$ ,  $u_{ij2} = u_{ij3} = \dots = u_{ijk} = 0$ ;

收稿日期: 2011 - 05 - 26

作者简介: 宫博 (1981 -), 男, 沈阳化工大学讲师, 东北大学博士研究生。

当  $x_{ij} \geq a_{jk}$  或  $(x_{ij} \leq a_{jk})$  时, 取  $u_{ijk} = 1, u_{ij1} = u_{ij2} = \dots = u_{ijk-1} = 0$ ;

$$(2)$$

当  $a_{jl} < x_{ij} < a_{j,l+1}$  或  $(a_{j,l+1} < x_{ij} < a_{jl})$  时, 取  $u_{ijl} = \frac{|a_{j,l+1} - x_{ij}|}{|a_{j,l+1} - a_{jl}|}, u_{ij,l+1} = \frac{|x_{ij} - a_{jl}|}{|a_{j,l+1} - a_{jl}|}, u_{ijk} = 0, k < l$  或  $k > l + 1$ 。

$$(3)$$

已知第  $i$  个样品各指标测量值的属性测度, 现计算第  $i$  个样品  $x_i$  的属性测度  $u_{ik}$ 。设指标权向量为  $(w_1, w_2, \dots, w_m), w_j \geq 0, \sum_{j=1}^m w_j = 1$ 。由指标权重可得到属性测度, 即:

$$u_{ik} = u(x_i \in c_k) = \sum_{j=1}^m w_j u_{ijk}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K. (4)$$

设置信度  $\lambda (0.5 \leq \lambda \leq 1, \text{一般取 } 0.6 \sim 0.7)$ , 计算:

$$k_0 = \min \{k: \sum_{i=1}^k u_{xi}(c_i) \geq \lambda, 1 \leq k \leq K\} (5)$$

则认为  $x_i$  属于  $c_{k_0}$  级别。

如果需要对评价对象进行比较分析, 则需按照评分准则进行评分计算:

$$q_{xi} = \sum_{l=1}^k n_l u_{xi}(c_l) (6)$$

其中  $q$  为属性集的强弱, 用分数来表示;  $q_{xi}$  为第  $i$  个评价对象评价分数;  $l$  为第  $i$  个评价对象的第  $j$  个评价因子所属的级别。

则可根据  $q_{xi}$  的大小对  $x_i$  进行比较和排序。

通常, 对  $c_1 > c_2 > \dots > c_k$  的情形, 取  $n_i = K + 1 - i$ , 它表示有序分割类  $(c_1, c_2, \dots, c_k)$  中类别的重要性是等间隔下降的; 对  $c_1 < c_2 < \dots < c_k$  的情形, 取  $n_i = 1$ , 它表示有序分割类  $(c_1, c_2, \dots, c_k)$  中类别的重要性是等间隔上升的。

### 1.3 熵值法确定权重

在信息论中, 熵是系统无序程度的度量, 它还可以度量数据所提供的有效信息量<sup>[5]</sup>。某项指标携带的信息越多, 表示该指标对决策的作用就越大。熵值越小, 则系统的无序度越小, 故可用信息熵评价所获系统信息的有序度及其效用。本文采用熵值法确定权重, 即“熵权”, “熵权”理论是一种客观赋权方法, 在地表水质量评价中, 通过对“熵”的计算确定权重, 就是根据各项监测指标值的差异程度, 确定各指标的权重。

其计算步骤如下<sup>[6]</sup>:

#### (1) 判断矩阵构建

构建  $n$  个样本  $m$  个评价指标的判断矩阵:

$$R = (x_{ij})_{nm} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots,$$

$m)$

#### (2) 判断矩阵归一化

将判断矩阵归一化处理, 归一化判断矩阵  $B$ :

$$B_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (7)$$

式中:  $B_{ij}$  为矩阵  $B$  第  $i$  行第  $j$  列的元素;

$x_{\min}, x_{\max}$  为同一指标下不同样本中的最大值和最小值。

#### (3) 评价指标熵计算

根据熵的定义,  $n$  个样本  $m$  个评价指标, 可以确定评价指标的熵  $H_j$  为:

$$H_j = -\frac{1}{\ln n} \left[ \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \right], i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m (8)$$

式中:  $f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}}$ , 为了使  $f_{ij} \ln f_{ij}$  不与熵的含义相悖,

$$\text{将 } f_{ij} \text{ 修正为: } f_{ij} = \frac{1 + b_{ij}}{\sum_{i=1}^n (1 + b_{ij})}$$

#### (4) 评价指标熵权计算

$$w_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^m H_j}, w = (w_j)_{1 \times m}, \sum_{j=1}^m w_j = 1 (9)$$

式中:  $w_j$  为第  $j$  个评价指标的权重。

## 2 属性识别理论模型在地表水质量评价中的应用

### 2.1 评价指标的选取及分类标准的确定

采用《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002) 进行评价, 各标准值见表 1。选取溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量 (COD)、五日生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)、氨氮 (NH<sub>3</sub>-N)、总磷 (以 P 计) 和总氮作为评价因子, 该标准将地表水质量分为 I 类、II 类、III 类、IV 类和 V 类。按照标准要求, I 类 ~ V 类的 pH 限制和水温限制相同, 所以本文不考虑水温 and pH 值对评价结果的影响。

表 1 地表水环境质量标准限制 (mg/L)

项目	分类				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
溶解氧	7.5	6	5	3	2
高锰酸盐指数	2	4	6	10	15
化学需氧量 (COD)	15	15	20	30	40
五日生化需氧量 (BOD <sub>5</sub> )	3	3	4	6	10
氨氮 (NH <sub>3</sub> -N)	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
总磷 (以 P 计)	0.02	0.1	0.2	0.3	0.4
总氮	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0

应用本文提出的模型对辽宁某河流的地表水质

量进行了评价及对比分析, 选取5个采样点, 各采样点指标实测值见表2。

表2 辽宁某河流采样点指标实测值 (mg/L)

采样点编号	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	五日生化需氧量	氨氮	总磷	总氮
1	7.25	3.08	14.2	4.14	0.49	0.01	0.33
2	7.8	1.87	15	3.7	0.22	0.11	0.18
3	5.8	4.1	21.6	5.22	0.66	0.28	1.41
4	5.1	5.6	22.7	4.5	1.42	0.19	0.51
5	6.9	2.1	18.1	3.11	0.61	0.01	0.21

## 2.2 分类标准判断矩阵的建立

根据式(1)和表1的地表水环境质量标准构建分类标准矩阵:

	I类	II类	III类	IV类	V类
溶解氧	7.5	6	5	3	2
高锰酸盐指数	2	4	6	10	15
化学需氧量	15	15	20	30	40
五日生化需氧量	3	3	4	6	10
氨氮	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
总磷	0.02	0.1	0.2	0.3	0.4
总氮	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0

## 2.3 计算地表水各采样点指标测量值的属性测度

利用公式(1)~(3)计算各采样点的属性测度, 从而得到5个采样点的属性测度矩阵分别为:

$$\begin{matrix}
 \text{采样点 1:} \\
 \text{采样点 2:} \\
 \text{采样点 3:} \\
 \text{采样点 4:} \\
 \text{采样点 5:}
 \end{matrix}
 \begin{bmatrix}
 u_{111} & u_{112} & u_{113} & u_{114} & u_{115} \\
 u_{121} & u_{122} & u_{123} & u_{124} & u_{125} \\
 u_{131} & u_{132} & u_{133} & u_{134} & u_{135} \\
 u_{141} & u_{142} & u_{143} & u_{144} & u_{145} \\
 u_{151} & u_{152} & u_{153} & u_{154} & u_{155} \\
 u_{161} & u_{162} & u_{163} & u_{164} & u_{165} \\
 u_{171} & u_{172} & u_{173} & u_{174} & u_{175}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0.833 & 0.167 & 0 & 0 & 0 \\
 0.460 & 0.540 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0.94 & 0.06 & 0 \\
 0.029 & 0.971 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0.567 & 0.433 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0.3 & 0.7 & 0 & 0 \\
 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\
 0 & 0.95 & 0.05 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0.94 & 0.06 & 0 \\
 0 & 0 & 0.39 & 0.61 & 0 \\
 0 & 0.68 & 0.32 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\
 0 & 0 & 0.18 & 0.82 & 0
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 0 & 0.1 & 0.9 & 0 & 0 \\
 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0.73 & 0.27 & 0 \\
 0 & 0 & 0.75 & 0.25 & 0 \\
 0 & 0 & 0.16 & 0.84 & 0 \\
 0 & 0.1 & 0.9 & 0 & 0 \\
 0 & 0.98 & 0.02 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\
 0.95 & 0.05 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0.38 & 0.62 & 0 & 0 \\
 0 & 0.89 & 0.11 & 0 & 0 \\
 0 & 0.78 & 0.22 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0.967 & 0.034 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

## 2.4 计算7个评价指标的权重

根据公式(7)~(9), 利用76个地表水样本各评价指标的实测值, 计算相应的信息熵, 并得到各评价指标的权重, 结果见表3。

表3 各指标熵及熵权

评价指标	熵 $H_i$	熵权 $w_i$
溶解氧	0.979	0.155
高锰酸盐指数	0.984	0.137
化学需氧量 (COD)	0.977	0.162
五日生化需氧量 (BOD <sub>5</sub> )	0.979	0.155
氨氮 (NH <sub>3</sub> -N)	0.985	0.133
总磷 (以P计)	0.989	0.117
总氮	0.983	0.141

从熵和熵权的计算结果可以看出, 熵值越大, 则熵权越小。

## 2.5 计算综合属性测度

按式(4)得属性综合测度分布矩阵为:

	I类	II类	III类	IV类	V类
采样点 1	0.5549	0.2901	0.1457	0.0093	0
采样点 2	0.7014	0.1784	0.1202	0	0
采样点 3	0	0.3446	0.3419	0.3135	0
采样点 4	0	0.1928	0.6130	0.1942	0
采样点 5	0.4764	0.3769	0.1467	0	0

## 2.6 地表水质量的评价结果

采用置信度准则的方法评判地表水质量的类别, 取置信度  $\lambda = 0.65$ , 根据式 (5) 计算可得 5 个采样点的类别分别为 II 类、I 类、III 类、III 类、II 类。

## 2.7 各采样点的综合分数及排序

根据式 (6) 得到的不同采样点的排序, 结果见表 4。

表 4 不同采样点的排序

采样点	1	2	3	4	5
综合分数	1.609	1.419	2.969	3.001	1.670
排序	2	1	4	5	3

## 2.8 结果分析比较

本模型的评价结果与可拓方法<sup>[7]</sup>、模糊可变换集方法<sup>[8]</sup>、模糊模式识别直接法<sup>[9]</sup>、集对分析-可变模糊集法<sup>[10]</sup>的比较见表 5。

表 5 不同方法下地表水质量评价结果

采样点	本文方法	可拓方法	模糊可变换集法	集对分析-可变模糊集法	模糊模式识别直接法
1	II	II	II	II	II
2	I	I	I	I	II
3	III	III	III	III	III
4	III	III	III	III	III
5	II	II	II	II	II

从表 5 可知, 采用本文模型的评价结果与其他方法的评价结果基本相同。但在对采样点 2 进行评价时, 除模糊模式识别直接法的结果为 II 级外, 其他模型的评价结果均为 I 级, 主要原因是模糊模式识别直接法假定各指标为等权重, 从而导致其评

价结果不够客观、准确。通过比较表明, 应用熵权-属性识别模型评价地表水质量是可行的。

## 3 结论

(1) 采用熵权属性识别模型对地表水质量进行综合评价, 避免了盲目地利用单个指标评价地表水质量。

(2) 采用熵权来确定权重, 解决了 AHP 等方法确定权重时受人为因素影响大的缺点, 避免了主观确定权重的随意性, 评价结果客观、可信。

(3) 采用熵权属性识别模型对辽宁某河流的地表水质量进行了评价及对比, 不仅判定了各采样点的地表水质量等级, 还对各采样点进行了综合分数计算和排序, 结果与其他方法基本一致, 为地表水质量的评价提供了新的方法。

### 参考文献:

- [1] 程乾生. 属性识别理论模型及其应用 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1997, 33 (1).
- [2] 王丽琼. 基于熵权的属性识别理论在湖泊水质富营养化评价中的应用 [J]. 环境工程, 2006, 24 (5).
- [3] 林晨. 属性识别理论模型在土壤重金属污染评价中的应用 [J]. 福建师范大学学报 (自然科学版), 2010, 26 (1).
- [4] 胡海滨. 属性识别理论在综合评价城市污泥堆肥腐熟度中的应用 [J]. 安全与环境工程, 2007, 2 (14).
- [5] Meng Q S. Information theory [M]. Xi An: Xi An Jiao Tong University Press, 1989.
- [6] 闫文周. 熵权决策法在工程评标中的应用 [J]. 西安建筑科技大学学报, 2004, 36 (1).
- [7] 刘厚成, 谷秀芝. 基于可拓层次分析法的泥石流危险性评价研究 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21 (3).
- [8] 朱雷, 陈威. 模糊综合指数法在水质评价中的应用 [J]. 武汉理工大学学报, 2001, 23 (8).
- [9] 朱静平. 几种水环境质量综合评价方法的探讨 [J]. 西南科技大学学报, 2002, 17 (4).
- [10] 孟成才. 基于集对分析-可变模糊集的地表水环境质量综合评价 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (22).

## Assessment of the Surface Water Quality Based on Entropy Weight of Attribute Recognition Model

GONG Bo<sup>1,2</sup>, XU Kai-li<sup>2</sup>, LI De-shun<sup>3</sup>

(1. School of Chemical Engineering, Shenyang University of Chemical Technology, Liaoning Shenyang 110142 China)

**Abstract:** Attribute recognition theoretical model is set up on the basis of entropy weight method. Based on the surface water environment quality standards (GB3838-2002), seven indices are chosen as the evaluation indices, the synthetic attribute measurement interval is calculated by the entropy weight, the confidence criterion and the score criterion are used to recognize the surface water environment. The result from case study indicates that the model is effective to evaluate surface water environment. Moreover, using entropy weight, the model could avoid subjectivity and arbitrary in the process of determination index weight, and ensure objectivity and accuracy of the evaluation.

**Key words:** entropy weight; attribute recognition model; surface water; assessment

# 磷矿开发对星云湖总磷污染影响研究

金星<sup>1</sup>, 王林<sup>2</sup>, 祁云宽<sup>1</sup>, 刘宇<sup>1</sup>, 陆娅<sup>1</sup>

(1. 玉溪市环境科学研究所, 云南 玉溪 653100; 2. 玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100)

**摘要:**通过对星云湖流域磷矿开发污染历史的分析, 并将星云湖与杞麓湖各污染源入湖污染负荷进行比较研究, 得出磷矿开发是造成星云湖 TP 污染负荷较大的重要原因。磷矿开发对星云湖 TP 输入量为 58.66t/a, 占总入湖污染负荷的 28.2%。

**关键词:** 磷矿开发; 星云湖; 总磷污染负荷

**中图分类号:** X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0078-03

星云湖周边磷化工发展历史悠久, 北面周德营河上游有江达磷化工、温泉磷肥厂; 东大河上游有天湖化工(已于 2008 年关闭)和清水沟磷矿。东面螺蛳铺流域集中了实龙化工、上坝磷肥厂、路居磷肥厂、江磷集团、星湖磷制品厂及杨柳坝磷矿 6 家磷化工企业。星云湖径流区内的磷矿开发利用, 造成了星云湖磷污染的独特性<sup>[1]</sup>。为了更好地研究星云湖磷污染的特征, 将未受到磷化工污染的杞麓湖作为对照, 从而分析磷矿开发对星云湖磷污染的影响程度和特性。

## 1 磷矿开发对星云湖的污染历史分析

星云湖蓝藻暴发频繁, 与水体中含有丰富的磷有关。将星云湖与其流域面积和水量相当的杞麓湖进行比较(表 1), 可以发现星云湖水体平均氮磷比是 10:1, 杞麓湖水体平均氮磷比是 45:1。星云湖藻类生物总量是杞麓湖的 8 倍, 星云湖蓝藻生物量是杞麓湖的 16 倍, 杞麓湖近几年都没有发生蓝藻暴发, 而星云湖长年蓝藻暴发, 其原因是星云湖磷含量比杞麓湖高近 3.7 倍, 水体中丰富的磷成为诱导星云湖蓝藻暴发的主要因素。

表 1 星云湖、杞麓湖流域环境要素对比表

	流域面积 /km <sup>2</sup>	湖水面积 /km <sup>2</sup>	湖水水量 /亿 m <sup>3</sup>	人口 /万人	耕地 /万 hm <sup>2</sup>	TN /mg · L <sup>-1</sup>	TP /mg · L <sup>-1</sup>
星云湖	371.5	34.329	2.098	18.65	0.58	1.80	0.219
杞麓湖	377.2	37.26	1.676	26.13	0.96	2.90	0.06

对两湖环境要素进行对比分析, 两湖的流域面积、湖水面积都没有较大的差异, 但杞麓湖流域内人口、耕地面积比星云湖多, 因此可

以推断农业面源污染负荷量大于星云湖流域。从杞麓湖和星云湖水水质变化趋势可以得到(图 1), 虽然两个湖泊 TN 的变化趋势一致, 但杞麓湖 TN 含量一直远高于星云湖, 这也验证了杞麓湖农业面源污染负荷较大的原因。而两个湖泊水质 TP 变化趋势完全不同, 杞麓湖 TP 呈缓慢升高趋势, 与 TN 变化趋势相当; 而星云湖 TP 浓度近些年迅速提高<sup>[2]</sup>, 变化幅度大于 TN 的变化趋势。尤其 2000 年以后, TP 浓度一路飙升, 远高于杞麓湖的污染水平, 这期间正是星云湖流域内磷矿开发增产扩能的阶段, 磷化工的扩张与星云湖的磷污染呈现出明显的响应关系。比较两个湖泊 N/P 浓度比变化曲线可以得到, 杞麓湖氮磷比(N/P)基本上在 45 左右浮动, 而星云湖 N/P 呈下降趋势, 到 2004 年降到最低 6 左右。通过上述分析, 可以推断出两个湖泊的主要污染来源不同。星云湖流域以磷化工为支柱产业。磷化工对星云湖造成影响, 使星云湖水体磷的变化趋势与以农业面源污染为主的杞麓湖存在显著性差异。

## 2 两湖主要入湖污染负荷对比分析

从两湖径流区各种源的入湖污染负荷量对比, 更能发现两湖主要污染来源存在明显差异。根据星云湖、杞麓湖“十二五”规划的统计数据对比发现<sup>[3,4]</sup>, 杞麓湖径流区人口数量、耕地面积都比星云湖要多, 因此农村面源、农业面源、城镇及工业点源的入湖污染负荷量都明显高于星云湖, 杞麓湖呈现出以农业、农村面源和城镇点源为主要污染特征的影响机制, 在这一机制影响下, COD、TN 和 NH<sub>3</sub>-N 的总入湖污染负荷量与星云湖在同一水平上, 而 TP 入湖污染负荷要远小于星云湖(见表 2)

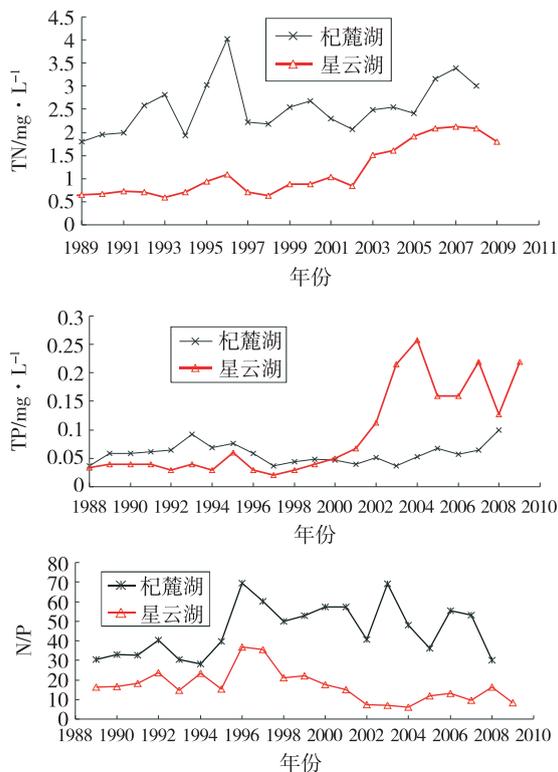


图1 星云湖和杞麓湖水体污染物变化趋势比较

和图2)。星云湖 TP 高污染负荷这一特征十分突显，入湖 TP 污染负荷是杞麓湖的 2.15 倍。究其原因，除了星云湖径流区内的畜禽养殖业规模及排放较大外，磷矿开发污染也是另一重要原因（见图 1~图 3）。

表 2 两湖主要入湖污染负荷比值表

	COD	TN	TP	NH <sub>3</sub> -N
星云湖	5635.34	988.23	207.82	250.88
杞麓湖	5095.9	1056.6	96.73	219.09
污染负荷比值	1.11	0.94	2.15	1.15

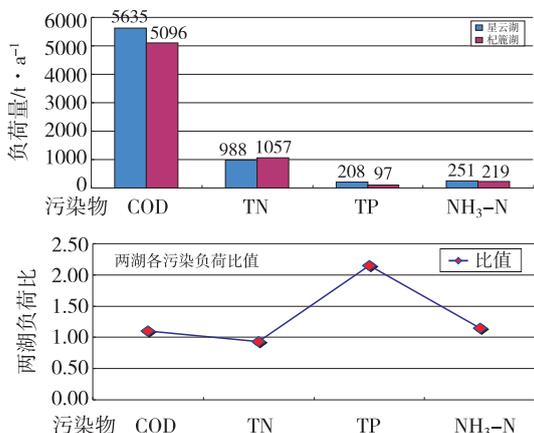


图2 星云湖、杞麓湖各污染负荷对比图

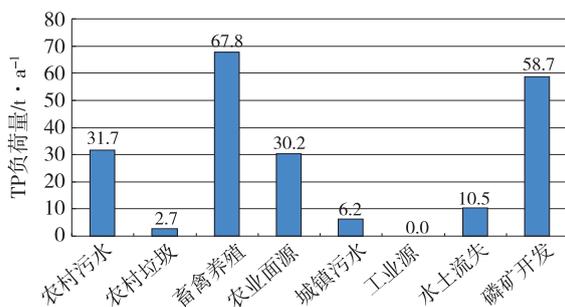


图3 流域内各污染源向星云湖TP污染输入量对比图

### 3 磷矿开发对星云湖 TP 污染输入量调查

根据此次《磷矿开发磷污染对抚仙湖和星云湖的影响研究》课题调查，磷矿开发主要通过地表径流和大气沉降两种途径向星云湖输入磷污染物。陆地入湖主要通过东西大河、螺蛳铺河和周德营河输入，其中螺蛳铺河 TP 输入量最大。磷矿开发对星云湖磷污染输入总量为 58.66t/a，占入湖 TP 污染负荷总量的 28.23%，其中大气沉降入湖量 12.06t/a，陆地径流入湖量 46.6t/a。

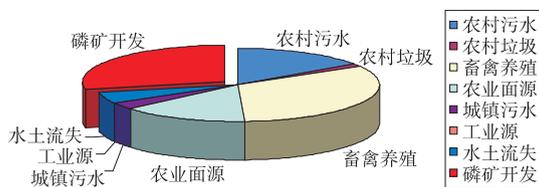


图4 磷矿开发对星云湖TP输入量占全湖TP污染负荷饼图

### 4 结论

通过对星云湖受磷矿开发污染历史的分析，并将星云湖流域内各污染源的入湖污染负荷与杞麓湖作对比研究，得出星云湖 TP 污染负荷要明显高于杞麓湖，而其它污染指标却在同一水平。造成这一现状的主要原因是星云湖受流域内磷矿开发的影响较大，磷矿开发向湖泊的磷输入量为 58.66t/a，占星云湖入湖 TP 污染负荷量的 28.23%，因此治理磷矿开发污染是遏制星云湖富营养化趋势的必要举措。

#### 参考文献：

[1] 靳澍清, 金星. 星云湖径流区磷矿开采开发磷污染入湖量调查 [J]. 环境科学导刊, 2010, (6).  
 [2] 中国环境科学学会. 杞麓湖“十二五”水污染防治规划 (2011~2015年) [R]. 2011.  
 [3] 中国环境科学学会. 星云湖“十二五”水污染防治规划 (2011~2015年) [R]. 2011.

## Study on the Influence of Phosphorite Exploration on the Total Phosphorus Pollution in Xingyun Lake

JIN Xing<sup>1</sup>, WANG Lin<sup>2</sup>, QI Yun - kuan<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>1</sup>, LU Ya<sup>1</sup>

(Yuxi Institute of Environmental Science, Yuxi Yunnan 653100 China)

**Abstract:** Through analyzing the pollution history of phosphorite exploration in Xingyun lake basin, the main reasons of high phosphorus pollution from phosphorite exploration were disclosed by comparing the pollution loads drained into lake from different pollution sources between Xingyun lake and Qilu lake. The input of total phosphorus to Xingyun lake was 58.66 tons per year, which was account for 28.8% of the total pollution load.

**Key words:** phosphorite exploration; Xingyun lake; total phosphorus load

## 欢迎订阅《环境科技》杂志

《环境科技》是由江苏省环保厅主管，江苏省环境科学研究院、江苏省徐州市环境监测中心站联合主办的集学术性与实用性于一体的环境科学技术类期刊，为“中国科技论文统计源期刊”（中国科技核心期刊）。国内统一刊号：CN32-1786/X，国际标准刊号：ISSN 1674-4829。

本刊以直接为环境污染防治实践服务为宗旨，重点报道环境科学最新实用技术、科研成果、治理开发及国内外最新信息与动态，内容涉及水、气、声、固等污染处理技术及清洁生产、生态保护等实用技术的推广应用。

常设栏目有：研究报告、污染防治、环境评价与规划、专论与综述、环境管理、环保论坛等，从多角度向读者介绍国内外环境保护新成果、新技术、新动态、新经验等。对环境保护管理、科研院所、污染防治技术开发设计、环保产业、工矿企业等部门从事环保工作的管理和专业技术人员以及大专院校师生均有较强的参考价值，欢迎有关单位和个人订阅。

本刊为双月刊，大16开国际标准版，80页，每逢双月25日出版。国内订价（含邮费）订价15元/期，全年90元。全国各地邮局均可订阅，也可以直接向本刊编辑部邮购。

订阅办法：

- 1、当地邮局订阅：邮发代号：28-179。
- 2、邮局汇款：《环境科技》编辑部（收款单位名称）
- 3、地 址：徐州市黄河南路60号 邮编：221002
- 4、银行汇款：徐州市环境监测中心站（收款单位名称）
- 5、开户行：交行徐州分行营业部 帐 号：323600660018170702621
- 6、电 话：0516-85635681；85635682 传 真：0516-85737126
- 7、电子信箱：jshjkj@126.com

# 离子色谱技术在环境监测中的具体应用

王 娟, 李海波

(新乡市环境保护监测站, 河南 新乡 453003)

**摘 要:** 通过一系列实验数据及污染源样品的分析, 对离子色谱在环境监测中的具体应用、仪器的使用维护与保养等进行了较详细的论述。

**关键词:** 离子色谱; 环境监测; 应用

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0081-03

离子色谱是高效液相色谱的一种, 故又称高效离子色谱 (HPIC) 或现代离子色谱。采用离子交换的原理, 用低交换容量的新型离子交换分离柱分离样品离子, 并在分离柱后串接一根高交换容量的特制抑制柱, 通过化学反应把具有高电导的淋洗液转换为低电导的淋洗液, 使得电导检测器能灵敏而又方便地检测出被分离的离子。其分析方法已成为目前化学、生化、环保等学科领域重要的分离技术<sup>[1]</sup>。

在环境监测方面, 离子色谱法是大气、水质、土壤等监测的最佳检验方法, 尤其在降水、污染源监测等方面, 具有稳定性好、重现性好、精密度高等特性, 其在水质监测领域有着广泛的应用。作为环境监测中的重要检测仪器, 离子色谱仪的正确使用与维护保养都对检测结果有很大的影响。

## 1 离子色谱法在环境水质常规监测中的应用

降水常规监测项目有: 降水量、pH 值、电导率、硫酸根离子、钾离子、钠离子、钙离子、镁离子、铵离子、硝酸根离子、氯离子、氟离子, 逢雨雪必测。新乡市环境保护监测站离子色谱主要做阴离子分析, 在没有离子色谱仪之前这些阴离子最少要有两名分析人员分别测定, 费时费力, 而现在只要 1 人 10min 左右就可出结果, 分析过程中没有任何有毒有害废液产出, 节能、方便、快捷。

阴离子出峰时间分别为:  $F^-$  2.91min、 $Cl^-$  4.13min、 $NO_2^-$  4.92min、 $NO_3^-$  7.11min、 $SO_4^{2-}$  12.84min。

下面以较有代表性的  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  为例说明离子色谱仪在分析过程中的准确性和重现性的优势, 其工作曲线见表 1, 标准物质测定结果见表 2。

### 1.1 阴离子分析仪器工作条件

(1) 离子色谱仪 (具分离柱、抑制器);

(2) 检测方式: 电导检测;

(3) 定量管: 25  $\mu$ l;

(4) 流动相: 0.0024mol/L 碳酸钠溶液—0.0031mol/L 碳酸氢钠溶液;

(5) 流速: 1.5ml/min。

### 1.2 分析结果

表 1  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  工作曲线

编号	1	2	3	4	5
$NO_3^-$ 标液/ $mg \cdot L^{-1}$	0.50	1.00	2.00	3.00	
峰高/mv	157	314	687	1061	
保留时间 7.11/min	a = -39.6 b = 365.3 r = 0.9997				
$SO_4^{2-}$ 标/ $mg \cdot L^{-1}$	10.0	20.0	25.0	50.0	100
峰高/mv	538	1118	1460	3060	6400
保留时间 12.84/min	a = -168.0 b = 65.4 r = 0.9999				

表 2 两种标准物质的测定

	峰高/mv	浓度/ $mg \cdot L^{-1}$	均值	标准偏差
$NO_3^-$ 浓度范围	502	1.48	1.49	0.01
	505	1.49		
	510	1.50		
$SO_4^{2-}$ 浓度范围	511	1.50	69.9	0.21
	4414	70.0		
	4418	70.1		
	4385	69.6		
(69.9 $\pm$ 2.7)	4396	69.7		

由结果可知: 离子色谱仪分析的标准曲线线性、截距及斜率均符合要求, 标准样品分析结果几乎接近真值, 完全能满足日常工作的需要且操作简单、快捷、节能无污染<sup>[2]</sup>。

## 2 离子色谱法在污染源监测中的应用

日常工作中所分析的水样不可能都像地下水或饮用水那样清洁, 很多日常工作会涉及到污染源样

收稿日期: 2011-05-16

作者简介: 王娟 (1970-), 女, 汉族, 河南新乡人, 毕业于河南师范大学化学系, 工程师, 从事环境监测工作。

品。污染源样品由于污染产生的种类不同,特性不同,所以污染源样品一般浓度较高,成分复杂。离子色谱的分离柱是色谱工作站的中心,分离柱一旦被污染,就会破坏分离效果,而分离效果的好坏直接影响到各种分析离子的准确度。因此,对于所分析的污染源样品一定要进行样品的预处理。

### 2.1 样品预处理

(1) 滤膜法:对于含有颗粒态的清洁样品,如地下水、饮用水等,可通过0.45 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤后,直接进样。

(2) 离子交换树脂法:针对有色度、浑浊的样品,该方法可以去除不同有针对性的污染物,同时也可以去除一些有机物;当色度较强时,可先用活性炭吸附脱色,再进行离子交换,处理过的样品再经0.45 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤后进样。

(3) 分解处理法:对于固体样品,如滤筒、滤膜、土壤等,首先要将样品离子溶于不同的吸收液,样品离子转化为溶液后,经超声波提取,再将提取液经0.45 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤后进样。

按照《空气和废气监测分析方法》(第四版)中离子色谱法测定硫酸雾样品的要求,以污染源企业排放硫酸雾监测为例,对污染源硫酸雾滤筒样品做了分析,同时做了空白和国标样品;通过全程序质量控制,获得了较好的准确度级精密度。详见表3、表4。

### 2.2 阴离子分析仪器工作条件

- (1) 离子色谱仪(具分离柱、抑制器);
- (2) 检测方式:电导检测;
- (3) 定量管:25 $\mu\text{l}$ ;
- (4) 流动相:0.0024mol/L 碳酸钠溶液—0.0031mol/L 碳酸氢钠溶液;
- (5) 流速:1.5ml/min。

### 2.3 工作曲线绘制

表3  $\text{SO}_4^{2-}$  工作曲线

编号	1	2	3	4	5
$\text{SO}_4^{2-}$ 标液/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	10.0	20.0	25.0	50.0	100
峰高/mv	410	954	1196	2660	5220
保留时间	12.84min a = -111.5 b = 53.6 r = 0.9997				

### 2.4 样品测定

(1) 样品溶液制备:用玻璃纤维滤筒进行等速采样,将采样后的滤筒撕碎放入250ml锥形瓶中,加100ml水浸没,瓶口上放一玻璃漏斗,于电炉或电热板上加热近沸,约30min后取下,冷却后将浸出液用0.45 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤入250ml容量

瓶中,用20~30ml水洗涤锥形瓶及滤筒残渣3~4次,洗涤液一并经0.45 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤入容量瓶中,调pH至7~9,再用水定容至标线。滤液注入离子色谱仪,在与绘制工作曲线相同条件下测定<sup>[3]</sup>。

(2) 空白滤筒溶液制备:另取与采样用同批滤筒2个,撕碎放入250ml锥形瓶中,同上法制备空白滤筒溶液。同法测定并计算出每个空白滤筒所含硫酸根离子的量。

表4 污染源样品实例

	峰高/mv	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	均值	标准偏差
$\text{SO}_4^{2-}$ 浓度范围 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (69.9 $\pm$ 2.7)	3643	70.0	69.9	0.21
	70.1	3649		
	69.6	3622		
	69.7	3628		
空白	60	-		
	64	-		
滤筒样品 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	511	3.47		
	444	2.61		
	345	1.90		

### 3 日常工作中离子色谱仪的维护与保养

由于离子色谱仪是精密仪器,其日常维护与保养对于仪器的使用寿命、精度及数据的准确性都有着重要的影响。

(1) 若开机时间短,检测器尚未达到稳定状态下可使基线产生漂移,正常情况下背景电导会由高向低的方向逐渐降低,最后达到稳定。如果背景电导值持续增加,说明抑制器部分有问题,检查抑制器是否有效。仪器应有良好的接地线,这是使检测器工作状态稳定和降低噪声的必要条件。

(2) 用去离子水对泵进行清洗,有助于使泵始终处于良好的状态。使用强酸强碱后必须要冲洗,以防止泵头、泵内密封圈受到损害。

(3) 使用过程中应适时添加淋洗液以避免溶液耗光,造成泵空抽。产生气泡后,应先予以排除。所用淋洗液必须经过脱气处理,严格避免气泡保留在泵内。

(4) 在分析中或冲柱时要经常进空白样。另外在进行分析前要对样品进行清洁和预处理,样品应适当稀释后再进行检测,最好从低浓度向高浓度进样,以保障仪器安全运行<sup>[4]</sup>。

(5) 短时间不用,每周应至少开机1次,让仪器运行1~2h。长期不用时,先按要求向柱内泵入保存液,然后将柱子从仪器上取下,用无孔接头将柱子两端堵死后放在低温处保存。



# 气相色谱法测定氯雷他定原料的残留溶剂

李 萍

(昆明积大制药有限公司, 云南 昆明 650106)

**摘 要:** 用毛细管柱气相色谱法建立氯雷他定残留溶剂(甲苯、乙腈)的测定方法。结果表明: 本测定方法简单、结果准确、重现性好, 可用于氯雷他定原料中甲苯、乙腈2种残留溶剂的同时测定。

**关键词:** 气相色谱法; 氯雷他定; 残留溶剂; 测定

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0084-03

氯雷他定为昆明积大制药有限公司研制的新型、强效抗过敏药, 于2004年批准上市。批准的适应症为用于缓解过敏性鼻炎有关的症状, 亦适用于缓解慢性荨麻疹、瘙痒性皮肤病及其他过敏性皮肤病的症状及体征。属长效三环类抗组胺药, 竞争性地抑制组胺 H1 受体, 抑制组胺所引起的过敏症状, 无明显的抗胆碱和中枢抑制作用。氯雷他定在合成工艺中使用了甲苯、乙腈作为溶剂, 这些溶剂会对人体的健康和环境造成危害。在生产中完全除去这些溶剂是非常困难的, 但必须确保产品中的残留量是人体可以接受的, ICH 对各类溶剂残留量有着严格的规定。目前溶剂残留量测定的进样方式有顶空进样法和溶剂直接进样法, 本研究建立了毛细管柱气相色谱法, 以直接进样的方式测定2种溶剂(甲苯、乙腈)的残留, 方法简便、重现性好。

## 1 仪器与试剂药品

**仪器:** 日本岛津 GC-2010 气相色谱仪; FID 检测器; 载气为高纯氮气; Shimadzu GC solution 色谱工作站; SE30-(60m × 0.53mm × 5 $\mu$ m) 毛细管柱, 固定相为 100% 二甲基聚硅氧烷。

**试剂药品:** 氯雷他定原料(批号: 090801、090802、090803), 由昆明积大制药有限公司生产; 二甲基亚砷 DMSO (AR); 甲苯 (AR); 苯 (AR); 乙腈 (HPLC)。

## 2 溶液的配制

①空白溶液: 二甲基亚砷 DMSO。

②内标溶液: 精密称取苯 30.5mg, 置 100ml 容量瓶中, 用 DMSO 稀释至刻度, 制得 305 $\mu$ g/ml 的内标液。

③对照储备液: 精密称取甲苯 452.4mg, 乙腈 202.8mg, 置 100ml 容量瓶中, 用 DMSO 稀释至刻

度; 取稀释液 10.0ml 置 250ml 容量瓶中, 用 DMSO 稀释定容至刻度, 得到浓度为甲苯 180.96 $\mu$ g/ml、乙腈 81.12 $\mu$ g/ml 的对照储备液。

④对照液: 精密量取 2.5ml 对照储备液③于 10ml 容量瓶中, 精密加内标溶液②1.0ml, 用 DMSO 定容至刻度, 得到甲苯 45.24 $\mu$ g/ml、乙腈 20.28 $\mu$ g/ml 的对照液。

## 3 实验方法及结果

### 3.1 色谱条件和色谱图

采用 SE30-(60m × 0.53mm × 5 $\mu$ m) 毛细管柱, 固定相为 100% 二甲基聚硅氧烷; 以氮气为载气, FID 检测器 250 $^{\circ}$ C, 采用程序升温, 柱温为 60 $^{\circ}$ C, 保持 5.0min, 以 15 $^{\circ}$ C/min 的速度升温至 200 $^{\circ}$ C, 保持 3min, 进样口温度 250 $^{\circ}$ C, 70kPa (恒压模式), 分流直接进样, 分流比 1:5, 进样体

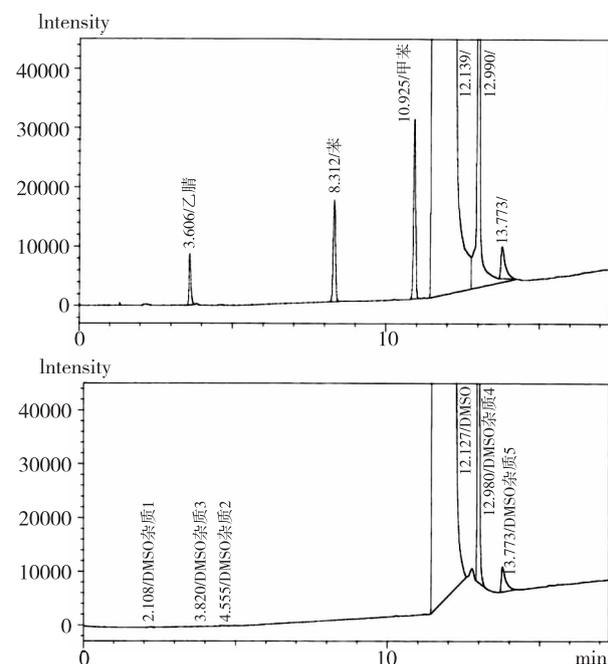


图1 对照溶液和空白溶液色谱图

积: 1.0 $\mu$ l。内标法计算残留溶剂的含量。对照溶液和空白溶液色谱图见图 1。

### 3.2 系统适应性试验及结果

上述对照液色谱中甲苯、乙腈、苯峰与相邻峰的分离度 >2, 理论塔板数均 >10000, 拖尾因子符合中国药典的要求。

### 3.3 专属性

#### (1) 溶液配制

⑤供试液: 精密称取样品 0.5102g, 置 10ml 容量瓶中, 精密加内标溶液②1.0ml, 用 DMSO 溶解, 并稀释至刻度。

⑥空白 + 乙腈 + 苯 + 甲苯: 精密加内标溶液②1.0ml 及对照储备液③2.5ml 置 10ml 容量瓶中, 用 DMSO 溶解, 并定容至刻度。

⑦空白 + 乙腈: 用 10 $\mu$ l 微量进样器量取 2.5 $\mu$ l (约 2mg) 乙腈于 100ml 容量瓶中用 DMSO 定容至刻度, 乙腈浓度约 20 $\mu$ g/ml。

⑧空白 + 乙腈 + 苯: 用 10 $\mu$ l 微量进样器量取 3.0 $\mu$ l (约 2.5mg) 苯于空白 + 乙腈⑦中, 苯浓度约 25 $\mu$ g/ml。

(2) 根据测定方法, 分别进样空白溶液①、空白 + 乙腈⑦、空白 + 乙腈 + 苯⑧、对照溶液④、供试液⑤、空白加 + 乙腈 + 苯 + 甲苯⑥, 并记录相应色谱图。根据各图谱中组分保留时间定性, 主要组分色谱峰的保留时间及其相对于 DMSO 的相对保留时间见表 1。结论: 符合专属性试验要求, 本方法具备较强的专属性, 能正确鉴定和检出甲苯、乙腈。

表 1 各组分色谱峰保留时间及分离度

组分名	保留时间 RT	相对保留时间 (for DMSO)	分离度
乙腈	3.581	0.30	21.11
苯	8.299	0.68	26.45
甲苯	10.916	0.90	20.24
DMSO	12.127	1.00	2.98

### 3.4 线性和范围

(1) 对照液系列配制。精密量取 0.25、0.5、1.0、1.5、2.5、3.0、4.0ml 对照储备液③分别于 7 个 10ml 容量瓶中, 分别精密加内标溶液②1.0ml, 用 DMSO 定容至刻度。

(2) 按测定方法, 依次进样对照液系列 1 $\mu$ l, 记录相应色谱图。将各浓度下溶剂组分面积比  $A_r/A_i$  的平均值对浓度进行线性回归, 计算方法的线性方程和相关系数, 并确定方法的线性范围。结果见表 2。

表 2 甲苯乙腈工作曲线回归方程

溶剂	回归方程	r	浓度范围/ $\mu$ g $\cdot$ ml <sup>-1</sup>
乙腈	$y = 2.038583e - 002x - 6.7518e - 003$	0.9999296	2.028 ~ 32.448
甲苯	$y = 3.553559e - 002x - 1.834152e - 002$	0.9999284	4.524 ~ 72.384

### (3) 线性回归曲线图

由图 2、图 3 可以看出: 乙腈在 2.028 ~ 32.448 $\mu$ g/ml 浓度范围内, 面积比  $A_r/A_i$  与其浓度成良好的线性关系; 甲苯溶剂在 4.524 ~ 72.384 $\mu$ g/ml 浓度范围内, 面积比  $A_r/A_i$  与其浓度成良好的线性关系。

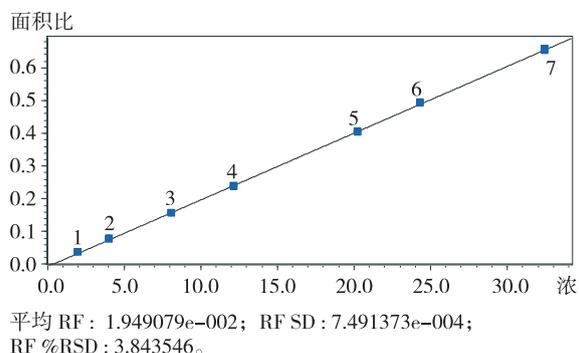


图 2 乙腈线性回归曲线图

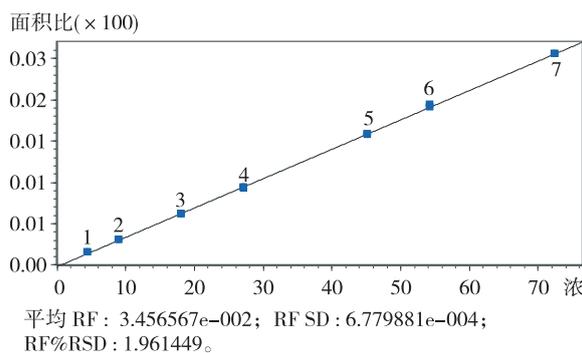


图 3 甲苯线性回归曲线图

### 3.5 精密度

#### 3.5.1 重复性

精密量取 2.5ml 对照储备液③于 10ml 容量瓶中, 精密加内标溶液②1.0ml, 用 DMSO 定容至刻度。按方法测试, 连续进样 8 次, 记录相应色谱图, 统计面积比  $A_r/A_i$  的精密度 RSD。统计测试结果为: 乙腈 RSD 为 0.5%, 甲苯 RSD 为 0.4%。说明乙腈、甲苯测试结果均符合重复性试验精密度要求。

#### 3.5.2 中间精密度

在不同时间由不同人员进行中间精密度的测

试, 测试方法同 3.5.1, 记录相应色谱图, 统计面积比  $A_r/A_i$  的精密度 RSD 值。统计重复性测试结果和中间精密度测试结果共 16 次的精密度 RSD 值, 统计测试结果为: 乙腈 RSD 为 0.7%, 甲苯 RSD 为 0.4%。说明乙腈、甲苯测试结果均符合中间精密度试验精密度要求。对两组测试结果进行 F 检验统计分析, 结果为: 乙腈 F 统计值 2.02, 甲苯 F 统计值 1.20, 均小于  $F(7, 7, 0.05)$  值 3.79。说明不同的分析人员在不同的日期按本方法测试, 测试结果稳定, 无显著性差异, 符合中间精密度试验要求。

### 3.6 定量限 LOQ 和检测限 LOD

用 DMSO 稀释对照储备液③至一定浓度, 按本方法进行测试, 并记录相应色谱图。根据乙腈、甲苯峰的信噪比来确定其检测限和定量限。检测限的信噪比不低于 3/1, 定量限信噪比不低于 10/1。乙腈检测限为 0.234 $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 定量限为 0.782 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ; 甲苯检测限为 0.167 $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 定量限为 0.556 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 。

### 3.7 回收率试验

采用加样回收率, 精密称取药品约 0.5g, 置 10ml 容量瓶中, 加入 3 个不同浓度的对照液, 按样品测定的方法进行回收率测定, 结果见表 3。

表 3 回收率计算结果

	乙腈				甲苯	
	4.056	20.28	24.336	9.048	45.24	54.288
加入量 / $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$	92.74	99.10	98.76	97.61	100.64	100.38
回收率/%	93.25	98.63	99.79	97.05	100.45	101.18
	93.88	98.70	99.46	97.61	100.24	100.73
平均值 (9 次)	97.15				99.54	
SD (9 次)	2.929				1.621	
RSD% (9 次)	3.01				1.629	
95% 置信限	(94.89, 99.40)				(98.30, 100.79)	

由表 3 可看出: ①乙腈、甲苯回收率都在 90.0% ~ 110.0% 以内; ②乙腈、甲苯 9 次回收率测定结果精密度 RSD 值都不大于 5.0%。得出结论: 乙腈、甲苯回收率都符合回收率试验要求。

### 3.8 耐用性

将对照溶液在色谱条件发生小的改变后进行测定, 乙腈、甲苯对内标物苯的峰面积比值  $A_r/A_i$  的 11 次测试结果 RSD 值分别为 1.09%、0.39%, 测定结果稳定。证明本测定方法在测定条件发生小的变化时仍然准确可靠, 具备良好的耐用性。溶液

稳定性试验证明溶液放置 8h 对检测结果几乎无影响。

### 3.9 样品的测定

将配好的样品溶液和对照溶液分别按 3.1 色谱条件进样 1 $\mu\text{l}$ , 记录色谱图, 按内标法计算含量, 乙腈和甲苯均未检出。

## 4 讨论和结论

### 4.1 溶剂的选择

根据本药品的残留溶剂性质, 分别选择了水、丙酮、异丙醇、二甲基亚砜作为溶剂溶解样品, 试验证明药品在水中溶解性不好, 在丙酮、异丙醇和二甲基亚砜中能很好地溶解。但是丙酮和异丙醇作溶剂对乙腈的测定有很大的干扰, 而二甲基亚砜对甲苯和乙腈的测定均无干扰。故选用二甲基亚砜作溶剂。

### 4.2 进样方法的选择

残留溶剂的测定方法一般采用顶空进样法和溶剂直接进样法。由于本药品在二甲基亚砜中溶解性良好, 所以采用溶剂直接进样法。

### 4.3 溶液浓度的选择

参照中国药典 2005 年版第二部附录 VIII P 残留溶剂测定法及 ICH 中对各溶剂限度的规定, 分别将对对照溶液及线性考察的浓度进行了调整, 以满足检测要求。

### 4.4 色谱柱的选择

对不同极性的毛细管柱如: DB-5、DB-1、HP-INNOWax 等进行了多次试验, 证明 SE-30 (60m $\times$ 0.53mm $\times$ 5 $\mu\text{m}$ ) 毛细管柱对各溶剂峰均能达到基线分离, 所以选择 SE-30 (60m $\times$ 0.53mm $\times$ 5 $\mu\text{m}$ ) 毛细管柱。

### 4.5 对柱温等色谱条件的选择

经多次试验, 证明乙腈、苯和甲苯在柱温为 60 $^{\circ}\text{C}$  能达到基线分离, 但二甲基亚砜沸点高, 保留时间长。故选择采用程序升温, 即: 60 $^{\circ}\text{C}$  保持 5.0min, 以 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速度升温至 200 $^{\circ}\text{C}$ , 保持 3min。可以使二甲基亚砜尽快被载气带出, 缩短检测时间, 提高工作效率。

### 4.6 试验结论

根据中国药典 2005 年版第二部附录 VIII P 残留溶剂测定法及 ICH 的规定, 甲苯和乙腈均属于二类有机溶剂, 应在工艺中限制使用。结果 3 批样品均未检出甲苯和乙腈, 说明本品的生产工艺能较好地除去上述 2 种有害溶剂, 合成工艺较为合理。

(下转第 83 页)

# 水质总磷的现场应急监测

吴春妍

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

**摘要:** 对过硫酸钾氧化-钼锑抗分光光度法测定水中总磷的方法进行了改进。于 Hach 公司 COD 消解管中加入水样和氧化剂后, 在消解管中加热消解水样, 冷却后加入显色剂, 再在与之配套的分光光度计上比色测定。方法简便, 试剂用量较少, 适用于水质总磷的现场应急监测。该法最低检出限为 0.01mg/L, 相对标准偏差 $\leq 3.47\%$ , 加标回收率为 92%~105%, 与标准法基本一致。

**关键词:** 水质; 总磷; 现场应急监测

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0087-02

总磷是评价水质富营养化的重要指标之一, 也是环境监测中经常测定的重要项目。过硫酸钾氧化-钼锑抗分光光度法是测定水质总磷的标准方法<sup>[1]</sup>。该法使用高压锅消解水样, 费时费力。有人采用烘箱消解水样测定总磷同样也不方便<sup>[2]</sup>。这些方法只能在实验室完成, 不能满足野外现场测试要求。笔者于 Hach 公司生产的 COD 消解管和消解器中加热消解水样, 冷却后加入显色剂进行显色反应, 再在与之配套的分光光度计上比色测定水样总磷, 方法简便, 试剂用量少, 精密度和加标回收率与标准法基本一致, 可适用于水质总磷的现场应急监测。

## 1 实验

### 1.1 主要仪器和试剂

COD 消解管, 45600-02 型 COD 消解器, DR/2010 分光光度计 (均为美国 Hach 公司生产);

5% 过硫酸钾溶液、10% 抗坏血酸溶液以及钼酸盐溶液和磷酸盐标准溶液的配制见文献 [1]。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 校准曲线的绘制

取 7 支干燥洁净的 COD 消解管, 分别加入 2.00 $\mu\text{g}/\text{ml}$  磷酸盐标准溶液 0.0、0.05、0.10、0.30、0.50、1.00、1.50ml, 加水至 2.5ml, 各加入 0.4ml 过硫酸钾溶液, 旋紧盖子 (注意不要漏气), 摇匀后放入已升温至 120 $^{\circ}\text{C}$  的 COD 消解器中, 消解水样 30min。取出冷却至室温后, 旋开盖子, 加水至 5.0ml, 向各管中加入 0.1ml 10% 抗坏

血酸溶液, 混匀, 30s 后加入 0.2ml 钼酸盐溶液, 充分混匀后放置 15min, 以零浓度为参比, 在 DR/2010 分光光度计上于 880nm<sup>[3]</sup> 波长处比色, 测定吸光度。以吸光度为纵坐标, 以总磷含量为横坐标, 绘制校准曲线。

#### 1.2.2 样品的测定

于干燥洁净的 COD 消解管中加入 2.5ml 水样, 加入 0.4ml 过硫酸钾溶液, 以下同 1.2.1 的方法进行水样的消解和吸光度的测定。从校准曲线上求出水样中总磷的浓度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 COD 消解管的筛选

因 COD 消解管批号不同, 存在管壁厚薄不均, 管径误差, 将影响比色的结果, 因此必须对所用的 COD 消解管进行筛选。选择一支无瑕疵且表面光洁较好的消解管作空白, 在 DR/2010 分光光度计上比色测定其他消解管的吸光度, 剔除吸光度超过 0.003A 的消解管, 选用合格的消解管用于校准曲线的绘制和水样的测定。

### 2.2 校准曲线的制作和检出限

按实验方法制作的校准曲线见表 1, 校准曲线在总磷含量 0.0~3.00 $\mu\text{g}/\text{ml}$  之间相关性较好, 相关系数  $\gamma$  为 0.9999。以扣除空白值后的吸光度为 0.01 所对应的浓度为检出限, 本法的最低检出限为 0.01mg/L。

### 2.3 方法的精密度

取启东市地表水水样 4 个, 采用本法平行测定每水样中总磷 4 次, 结果见表 2。表明本法测定实际水样中总磷的相对标准偏差 $\leq 3.47\%$ , 精密度较好。

收稿日期: 2011-06-08

作者简介: 吴春妍 (1977-), 女, 江苏启东人, 助理工程师, 本科, 从事环境监测工作。

表1 总磷测定的校准曲线

总磷含量/ $\mu\text{g}^{-1}$	0.00	0.10	0.20	0.60	1.00	2.00	3.00
880nm 处吸光度 A	0.000	0.013	0.037	0.100	0.173	0.350	0.527
校准曲线 $y = a + bx$	$Y = -0.002 + 0.176x$						
相关系数 $\gamma$	0.9999						

表2 总磷测定的精密度实验结果 (n=4)

采样地点	测定结果/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$				平均值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	相对标准偏差 /%
	0.142	0.140	0.148	0.140		
通吕运河天汾大桥	0.142	0.140	0.148	0.140	0.142	2.66
通启运河聚南大桥	0.076	0.072	0.070	0.072	0.072	3.47
南引河双庆桥	0.058	0.060	0.060	0.056	0.058	3.27
头兴港河永阳桥	0.234	0.238	0.242	0.244	0.240	1.85

### 2.4 方法的准确度

取启东市地表水样4个,分别加入一定量的磷酸盐标准溶液,进行加标回收率实验,结果见表3。可知实际水样的加标回收率为92%~105%,准确度较好。

表3 总磷测定的加标回收率试验

采样地点	原样中总磷的含量/ $\mu\text{g}$	加标量/ $\mu\text{g}$	加标后测定含量/ $\mu\text{g}$	加标回收率/%
通吕运河天汾大桥	0.71	1.00	1.65	94
通启运河聚南大桥	0.36	0.50	0.88	104
南引河双庆桥	0.29	0.50	0.75	92
头兴港河永阳桥	1.20	1.00	2.25	105

### 3 结论

对总磷测定的标准方法进行了改进,所取水样和所加试剂同比缩水10倍,于COD消解器中消解水样,再在配套的分光光度计上比色测定。方法最低检出限为0.01mg/L,相对标准偏差 $\leq 3.47\%$ ,加标回收率为92%~105%,与标准法基本一致。本法水样取样量和所加试剂均大大减少,不仅节省了分析成本,而且减少了实验废水的产生量,符合当今社会大力提倡的清洁分析,节能环保的理念。同时仪器较少,便于携带,因此非常适用于现场应急监测。

#### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法(第4版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 李青莲. 钼酸铵分光光度法测定水中总磷的改进[J]. 污染防治技术, 2006, 19(3).
- [3] 齐文启, 陈光, 孙宗光, 等. 总氮、总磷监测存在的有关问题[J]. 中国环境监测, 2005, 21(2).

## Emergent Monitoring of Total Phosphorus of Water Quality on the Spot

WU Chun - yan

(Qidong Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

**Abstract:** The method of determining total phosphorus by potassium persulfate oxidation and molybdenum - antimony anti - spectrophotometric method was improved. The water sample and oxidation reagent were added into the COD digestion tube produced by Hach company, then the tube was heated, the chromogenic reagent was added after the tube cooling down, the solution was determined by spectrophotometric method in the end. The method was simple with less reagents, which was suitable to monitor total phosphorus of water quality on the spot. The lowest determination limit is 0.01mg/L with less than 3.47% of relative standard deviation, and the recovery of standard addition is 92% to 105%, which is very close to the standard method.

**Key words:** water quality; total phosphorus; field emergent monitoring

# 土壤有机质样品前处理简易油浴锅与 HH-S 型数显恒温油浴锅对比探讨

杨小珊<sup>1</sup>, 李娅萍<sup>1</sup>, 赵忠琼<sup>2</sup>

(1. 昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228; 2. 昆明市盘龙区环境保护监测站, 云南 昆明 650041)

**摘要:** 采用 HH-S 型数显恒温油浴锅和简易油浴锅对国家标准土壤样品进行样品消解对比试验。结果显示: 两种样品前处理方法的测定结果, 经 t 检验无显著差异; HH-S 型数显恒温油浴锅消解进行样品前处理时, 应把预先加热温度提高为 195~200℃, 消解温度提高为 185~190℃, 消解时间要严格控制 5min。

**关键词:** 土壤标准物质; 样品消解方法; 对比

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0089-02

在土壤有机质监测中,《森林土壤有机质分析方法》(GB7857-87)中给出的样品前处理方法是采用简易油浴锅进行消化。在实际监测中,土壤样品消解温度难以控制,而消解温度偏低与偏高都将直接影响测定结果的准确性。为了解决这个问题,我们同时采用 HH-S 型数显恒温油浴锅和简易油浴锅对国家标准土壤样品进行样品消解对比试验,以寻求更加容易控制温度条件的样品消解方法。

## 1 有机质测定原理

在加热条件下,用一定量的标准重铬酸钾—硫酸溶液迅速氧化土壤有机质,多余的重铬酸钾—硫酸溶液用硫酸亚铁铵溶液滴定。用消耗的硫酸亚

铁铵溶液计算出有机质含量。

## 2 仪器设备

HH-S 型数显恒温油浴锅;  
简易油浴锅;  
50ml A 级滴定管。

## 3 土壤标准样品及测定

实验用的标准样品为国家标准物质 GBW07412-GBW07417 (3.84 ± 0.12)。将标准物质样品分别用简易油浴锅和 HH-S 型数显恒温油浴锅进行样品前处理实验,在温度 180℃、185℃、188℃、190℃、195℃各重复 10 次测定,结果见表 1、表 2,图 1、图 2。

表 1 简易油浴锅各温度段重复 10 次结果

(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	均值
180℃	3.72	3.70	3.57	3.60	3.59	3.62	3.58	3.68	3.69	3.62	3.64
185℃	3.76	3.70	3.80	3.69	3.72	3.73	3.73	3.70	3.71	3.68	3.72
188℃	3.90	3.74	3.78	3.78	3.75	3.79	3.82	3.80	3.74	3.80	3.79
190℃	3.82	3.86	3.78	3.72	3.81	3.86	3.90	3.80	3.86	3.91	3.83
195℃	3.97	3.94	3.99	4.05	3.90	3.89	4.02	3.94	3.92	3.98	3.96

表 2 HH-S 型数显恒温油浴锅各温度段重复 10 次结果

(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	均值
180℃	3.73	3.73	3.72	3.74	3.71	3.70	3.74	3.73	3.72	3.74	3.73
185℃	3.75	3.78	3.78	3.77	3.80	3.75	3.82	3.82	3.79	3.81	3.79
188℃	3.88	3.82	3.79	3.84	3.84	3.85	3.88	3.85	3.86	3.85	3.85
190℃	3.90	3.85	3.86	3.88	3.87	3.89	3.91	3.92	3.89	3.88	3.89
195℃	3.98	3.95	3.90	3.90	3.91	3.98	3.95	3.92	4.01	4.00	3.95

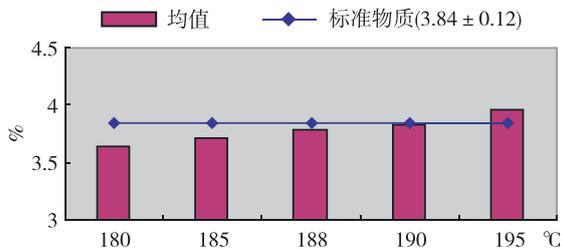


图1 简易油浴锅各温度段均值绘图

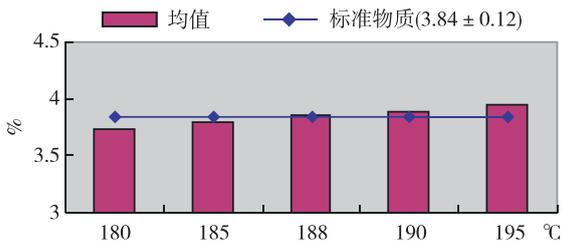


图2 HH-S型数显恒温油浴锅各温度段均值绘图

#### 4 实验结果分析与统计学检验

标准物质 (3.84 ± 0.12) 经简易油浴锅与 HH-S 型数显恒温油浴锅两种不同的油浴锅前处理所测定的标样结果均值、极差及柱形图显示, 简易油浴锅消解后每个温度段的重复监测数据之间差值大, 而 HH-S 型数显恒温油浴锅消解后每个温度段的重复监测数据之间差值小。简易油浴锅与 HH-S 型数显恒温油浴锅的最佳处理温度均在 185 ~ 190°C。因而我们选择 188°C 的两组重复监测结果均值用数理统计学 t 检验法检验。

##### 4.1 t 检验

简易油浴锅与 HH-S 型数显恒温油浴锅的两组监测值分别遵从于正态分布  $N(\mu_1, \sigma_1^2)$  和  $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ , 其中  $\sigma_1^2$ 、 $\sigma_2^2$  未知但相等。两组监测值的样本容量为  $n_1$  和  $n_2$ , 样本均值为  $\bar{x}_1$  和  $\bar{x}_2$ 。当  $d$  为一已知常数时, 对  $\mu_1 - \mu_2 = d$  的统计检验进行显著差异 t 检验:

- (1) 检验  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$
- (2)  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$  (或  $\mu_1 = \mu_2$ ) (双侧检验)
- (3)  $\bar{x}_1$  为普通油浴锅测定结果,  $\bar{x}_2$  为 HH-S

### Compare of Pretreatment of Soil Organic Matter by Simple Oil Bath Pot and HH-S Type Homiothermal Oil Bath Pot with Displayed Number

YANG Xiao-shan<sup>1</sup>, LI Ya-ping<sup>1</sup>, ZHAO Zhong-qiong<sup>2</sup>

(1. Kunming Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

**Abstract:** The comparative test was conducted to determine organic matter of national standard soil sample by simple oil bath pot and HH-S type homiothermal oil bath pot with displayed number. The results showed that the results from two methods were no obvious difference by t-test. The temperature should raise to 195 to 200°C in advance when using HH-S type homiothermal oil bath pot, and the digestion temperature is 185 to 190°C keeping within 5 minutes' digestion time.

**Key words:** soil standard matter; digestion method; compare

型数显恒温油浴锅测定结果。

$$(4) t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d}{\sqrt{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

(5) 由给定显著性水平  $\alpha$  和自由度  $f$ , 查  $t$  表的临界值。

(6) 统计推断

否定  $H_0$ : 若  $|t| > t_\alpha(f)$ , 则认为  $\mu_1 - \mu_2 \neq d$  差异显著;

接受  $H_0$ : 若  $|t| \leq t_\alpha(f)$ , 则认为  $\mu_1 - \mu_2 = d$  差异不显著。

#### 4.2 样品测定结果统计

(1) 检验  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

(2)  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$  (或  $\mu_1 = \mu_2$ ) (双侧检验)

(3)  $\bar{x}_1 = 3.79\%$   $\bar{x}_2 = 3.85\%$   $s_1^2 = (0.05\%)^2$   $s_2^2 = (0.03\%)^2$   $f = n_1 + n_2 - 2 = 18$

(4)  $t = -1.454$

(5) 由给定显著性水平  $\alpha = 0.05$ , 由  $t$  表查得  $t_{0.05}(18) = 2.101$

(6)  $|t| = 1.454 < 2.101 = t_{0.05}(18)$ , 故接受  $H_0$ , 即认为两种油浴锅的消解测定结果无显著差异。

#### 5 小结

(1) 两种样品前处理方法的测定结果, 经数理统计学 t 检验法检验无显著差异。

(2) 简易油浴锅消解后的重复监测结果平行性稍差, 而 HH-S 型数显恒温油浴锅消解后的重复监测结果平行性相对稳定。

(3) 由于受时间、温度、气压等条件的影响, HH-S 型数显恒温油浴锅消解进行样品前处理时, 应把预先加热温度从原来的 185 ~ 190°C 提高为 195 ~ 200°C, 消解温度由原来的 170 ~ 180°C, 提高为 185 ~ 190°C (食用油在正常大气压下的沸点 300°C 左右)。消解时间一定要严格控制在 5min, 时间超出或缩短将直接影响监测结果。有条件最好是用定时钟控制消解时间。每锅消解样品都必须带空白, 以保证监测结果的可靠和准确性。

# 原子荧光法测定水中汞的质量控制指标研究

夏新<sup>1</sup>, 胡正生<sup>2</sup>, 武云霞<sup>3</sup>, 刘燕红<sup>2</sup>, 林兰钰<sup>1</sup>, 彭刚华<sup>2</sup>

(1. 中国环境监测总站, 北京 100012; 2. 江西省环境监测中心站, 江西 南昌 330029;  
3. 南昌市环境监测站, 江西 南昌 330002)

**摘要:**研究了原子荧光法测定水中汞的质量控制指标, 提出精密度和准确度质量控制指标, 具有广泛指导意义。全国东、西、中部共 16 个省份的 62 家实验室参加测定工作。研究结果为: 标准样品浓度为 5.0 ~ 15.0  $\mu\text{g/L}$  时,  $RSD \leq 5.0\%$ ,  $RSD' \leq 10.0\%$ ,  $RE \leq \pm 10.0\%$ ; 实际样品浓度为 0.005 ~ 6  $\mu\text{g/L}$  时,  $RD \leq 20.0\%$ ; 空白加标回收率 80% ~ 110%, 标准样品和实际样品加标的回收率 90% ~ 110%。

**关键词:**汞; 原子荧光法; 质量控制指标

**中图分类号:** X83      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0091-03

汞是一种具有严重生理毒性的化学物质, 具有持久性、易迁移性和高度生物蓄积性, 已成为严重危害环境和人体健康的全球性污染物, 受到了各国的高度重视。

监测质量是环境监测工作的生命线, 质量控制是监测质量的重要保证, 科学、合理的质量控制指标是指导和评价质量控制水平的重要依据, 是监测人员在监测活动的质量控制中不可缺少的工作标准<sup>[1-3]</sup>。

水中汞的测定方法有冷原子吸收分光光度法、原子荧光法、分光光度法、ICP 和 ICP/MS 法等。在我国, 随着监测仪器技术的发展, 原子荧光法已经得到日益广泛的应用, 但是还没有形成标准方法, 主要依据《水和废水监测分析方法》<sup>[4]</sup>开展工作; 针对环境监测新方法及其质量控制指标缺乏的现状, 为保证环境监测数据的准确性, 为质量控制工作提供评价标准, 本文积极跟进监测技术发展进程, 通过全国范围内监测单位和技术水平的权衡与筛选, 依据多种浓度、多种样品的大量监测数据, 通过系统性地研究, 探讨了原子荧光法测定汞的质量控制指标, 以力求研究结论具有广泛应用价值和全国性指导意义, 也为原子荧光法的标准化提供基础。

## 1 监测内容和数据

### 1.1 监测内容

本文以原子荧光法为依据, 对空白样品及其加标、标准样品及其加标、实际样品及其加标样品进

行测定, 研究标准样品室内相对标准偏差 ( $RSD$ )、室间相对标准偏差 ( $RSD'$ ) 和相对误差 ( $RE$ ), 实际样品的相对偏差 ( $RD$ ), 加标回收率等相关质量控制指标。

### 1.2 监测单位

以具有代表性、体现环境监测常规监测工作状态为原则, 在全国范围内选择了 16 个省份的 62 家实验室参加本文测试工作, 其中 12 个省级站、42 个地级市站和 8 个县级站, 省份分布为: 东部省份 8 个、中部省份 4 个、西部省份 4 个。

### 1.3 监测数据

16 个省份共 62 家实验室 (10 家省级站, 43 家地市级, 9 家县级站) 对 4.0 ~ 16.0  $\mu\text{g/L}$  范围内的 10 种标准样品进行测定, 监测数据 306 个; 5 个省份共 5 家实验室 (2 家省级站, 3 家地市级) 对浓度为 0.005 ~ 6  $\mu\text{g/L}$  的实际样品进行了平行双样测定, 有效数据 217 组 (每个测试单位对一个样品进行测定的数据为一组, 下同)、434 个; 7 个省份的 8 家实验室 (1 家省级站, 7 家地市级站)、8 个省份的 9 家实验室 (1 家省级站, 8 家地市级站) 和 5 个省份的 9 家实验室 (2 家省级站, 7 家地市级站) 分别进行了空白加标测定、标样加标测定和实样加标测定, 加标测试数据共 389 个。

采用 Grubbs、Dixon 和 Cochran 检验方法对上述监测数据进行室内、室间均值和方差检验, 剔除异常值后进行数据分析<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 精密度

#### 2.1.1 实验室内相对标准偏差和相对偏差

收稿日期: 2011-05-06

基金项目: 环保公益性行业科研专项项目 (项目编号: 200809140)。

作者简介: 夏新 (1963-), 女, 辽宁人, 研究员, 从事环境监测质量管理工作。

(1) 室内相对标准偏差

本文对 5.17、8.0、8.13、10.3、13.1、14.0、14.8、15.0 $\mu\text{g/L}$  等 8 种标准样品进行了平行测定 ( $n=2\sim7$ ), 测定数据共 60 组、250 个。研究表明, 随浓度增加, 52 个 *RSD* 有效数据基本维持在同一水平, 即与浓度关系不明显; 从表 1 数据分析可见, 在 5.0~15.0 $\mu\text{g/L}$  范围内,  $RSD\leq 5.0\%$ 。

表 1 室内相对标准偏差数据统计表

样品浓度/ $\mu\text{g/L}$	数据数/个	统计样本比例*/%	相对标准偏差/%
5.0~15.0	44	84.8	$\leq 3.9$
	47	89.4	$\leq 4.6$
	50	95.5	$\leq 4.9$

注: 数据总量为 52 个。

(2) 相对偏差

本文对来自 5 个地区的, 0.005~6 $\mu\text{g/L}$  浓度范围内的 222 个实际样品进行了平行双样测定。分析表明, 样品的 *RD* 分布比较集中, 与浓度关系不明显, 比例为 90.8% 的  $RD\leq 16.7\%$  (见表 2), 由此建议: 在 0.005~6 $\mu\text{g/L}$  浓度内, 控制  $RD\leq 20.0\%$ 。

表 2 实际样品相对偏差统计表

样品浓度/ $\mu\text{g/L}$	数据数/个	统计样本比例*/%	相对偏差/%
0.005~6	174	80.2	$\leq 7.7$
	185	85.3	$\leq 12.5$
	197	90.8	$\leq 16.7$

注: 有效数据总量为 217 个。

2.1.2 实验室间相对标准偏差

本文对 4.0~16.0 $\mu\text{g/L}$  范围内 10 种标准样品的测得结果 ( $n=1\sim7$ ) 见表 3,  $RSD'$  与浓度之间无显著相关性, 建议在实际的监测工作中, 控制  $RSD'\leq 10.0\%$ 。

表 3 标准样品的室间标准偏差和相对标准偏差

标准值/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	参与测定的实验室数目/个	室间均值/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	$RSD'/%$
4.12	4	4.12	3.6
5.17	30	5.01	10.4
8.00	18	7.70	9.3
8.13	8	8.62	8.1
10.3	9	9.98	6.5
13.1	17	13.4	5.8
14.0	13	13.7	5.0
14.8	3	15.0	0.7
15.0	11	14.9	10.3
16.0	7	15.9	1.0

2.1.3 重复性和再现性

表 4 中 8 种标准样品的重复性和再现性研究表明, 在本文研究的样品浓度范围内, 重复性限在 1.5 $\mu\text{g/L}$  以内, 再现性限在 3.0 $\mu\text{g/L}$  以内。

表 4 重复性限和再现性限汇总表

标准值/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	实验室数/个	平行测定次数/次	重复性限/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	再现性限/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
5.17	6	6	0.20	1.72
5.17	10	7	0.43	0.58
8.00	4	2	0.19	2.40
8.13	6	3	0.50	1.26
10.3	7	7	1.36	1.48
13.1	5	3	0.86	1.79
14.0	6	2	1.05	2.73
14.8	2	3	0.15	0.28
15.0	6	2	0.74	3.57

2.2 准确度

2.2.1 相对误差

本文对 4.0~16.0 $\mu\text{g/L}$  共 10 种标准样品进行了测定, 121 个有效数据的 *RE* 散点图见图 1, 分析表明, 95% 范围数据的  $RE\leq \pm 9.8\%$ , 因而, 浓度为 4.0~16.0 $\mu\text{g/L}$  时, 建议控制标准样品的  $RE\leq \pm 10.0\%$ 。

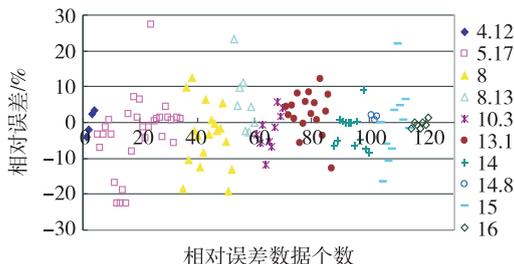


图 1 标准样品相对误差散点图

2.2.2 加标回收率

本文采用与待测物形态相同的汞标准溶液进行加标回收实验, 具体的加标量依据各样品的浓度而定。图 2 为空白加标、标样加标和实样加标测定的结果分布图, 可以看出, 空白加标回收率相对较低且分散, 主要分布在 80%~110%; 标准样品和实际样品加标的回收率主要分布在 90%~110%。

3 研究结果与文献值比较

本文研究结果与相关参考文献中数据汇总于表

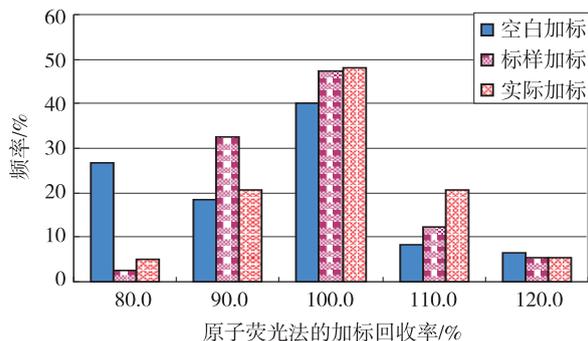


图 2 原子荧光法测定的加标回收率直方图

5. 可见, 参与本文研究的测试单位多、地域分布广、涵盖三个级别的环境监测站, 测试样品多、数

据量大, 而且本文的研究内容更全面。

表5 质量控制指标研究结果与参考文献数据对照表

出处	RSD/%	RSD'/%	RE/%	RD/%	加标回收率/%
本文(原子荧光法)	≤5.0 (41家实验室, 5.0~15.0μg/L, 8种浓度,)	≤10.0 (62家实验室, 4.0~16.0μg/L, 10种浓度)	≤±10.0 (62家实验室, 4.0~16.0μg/L, 10种浓度)	≤20.0 (5家实验室, 0.005~6μg/L)	80~110 (空白加标) 90~110 (标准样品和实际样品加标)
《水和废水监测分析方法》(第四版)(原子荧光法) <sup>[4]</sup>	/	/	/	/	/
《环境水质监测质量保证手册(第二版)》 <sup>[6]</sup> (冷原子吸收法、冷原子荧光度法和双硫脲光度法)	/	/	≤20 (<1μg/L) ≤15 (1~5μg/L) ≤15 (>5μg/L)	≤30 (<1μg/L) ≤20 (1~5μg/L) ≤15 (>5μg/L)	/

#### 4 结论

采用原子荧光法对汞的标准样品和实际样品进行研究分析, 得出了当前常用的精密度及准确度质控指标的建议值:

标准样品浓度范围为5.0~15.0μg/L时,  $RSD \leq 5.0\%$ ,  $RSD' \leq 10.0\%$ ,  $RE \leq \pm 10.0\%$ 。0.005~6μg/L范围内的实际样品,  $RD \leq 20.0\%$ 。空白加标回收率80%~110%, 标准样品和实际样品加标的回收率90%~110%。

在本文研究浓度范围内(5.0~15.0μg/L), 标准样品重复性限范围为0.15~1.36μg/L, 再现性限范围为0.28~3.57μg/L。

本文的质量控制指标更加全面, 样品数量和参与测试的实验室数量多, 具有更广泛的参考意义。监测人员可以结合具体的质量控制目标和水平, 确定更适合自身工作需求的质量控制指标。

致谢: 本文得到了北京市、天津市、上海市、江西省、河南省、云南省、浙江省、江苏省、广西

自治区、黑龙江省、辽宁省、福建省、四川省、山东省、重庆市、沈阳市、南昌市、新乡市、南京市、九江市、宁波市、绵阳市环境监测中心(站)和环境保护部标准样品研究所等单位的大力支持, 在此一并表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 夏新, 彭刚华. 重铬酸盐法测定水中COD质量控制指标研究[J]. 中国环境监测, 2010, 26(2).
- [2] 陆燕宁. 实验室质量控制的探讨[J]. 环境监测管理与技术, 1998, 10(2).
- [3] 彭刚华, 陈军平. 原子吸收法测定水中铅的质量控制指标研究[J]. 环境监测管理与技术, 2011, 27(4).
- [4] 本书编委会. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 蒋子刚. 分析检验的质量保证和计量认证(第一版)[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1998.
- [6] 中国环境监测总站《环境水质监测质量保证手册》编写组. 环境水质监测质量保证手册(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994.

## Study on Quality Control Index of Mercury Monitoring by Atomic Fluorescence Method

XIA Xin<sup>1</sup>, HU Zheng-sheng<sup>2</sup>, WU Yun-xia<sup>3</sup>, LIU Yan-hong<sup>2</sup>, LIN Lan-yu<sup>1</sup>, PENG Gang-hua<sup>2</sup>

(1. China Environmental Monitoring Station, Beijing 100012 China)

**Abstract:** The quality control indices on accuracy and precision on mercury monitoring by atomic fluorescence method were researched. There were 62 labs in the east and west and middle part of China involved in. The results indicated that the RSD was less than 5.0% with less than 10.0% of RE and less than 10.0% of RSD' when the real sample concentration was 5.0~15.0μg/L. However, the RD was less than 20.0% with 80%~110% of blank recovery of standard addition when the standard sample concentration was 0.005~6μg/L, and the recovery of standard addition of real sample and standard sample was 80%~110%.

**Key words:** mercury; atomic fluorescence method; quality control index

# 酸性法测定高锰酸盐指数原理解析

张金艳

(开远市环境科研监测所, 云南 开远 661600)

**摘要:** 解析了《水质 高锰酸盐指数的测定》(GB11892-89) 中采用酸性法测定高锰酸盐指数的实验原理及计算公式的推导。

**关键词:** 方法原理; 公式推导; 高锰酸盐指数; 酸性法

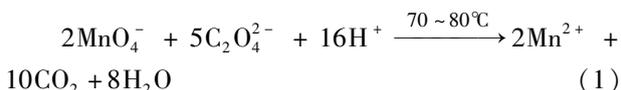
**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 06-0094-02

COD<sub>Mn</sub>是指在酸性或者碱性介质中, 以高锰酸钾为氧化剂, 处理水样时所消耗的量, 以氧的 mg/L 表示。我们在用酸性法测定高锰酸盐指数这一水质指标的时候, 采用的是《水质 高锰酸盐指数的测定》(GB11892-89) 中的方法。根据水样受污染的程度大小, 在实验分析中水样是否稀释, 计算公式有 2 个 (具体见《水质 高锰酸盐指数的测定》(GB11892-89)), 我们在计算 COD<sub>Mn</sub> 的时候, 只需要根据实验过程采用不同的计算公式即可求出。这 2 个计算公式是如何根据反应的原理推导而出的, 笔者在这里谈一下自己的理解。

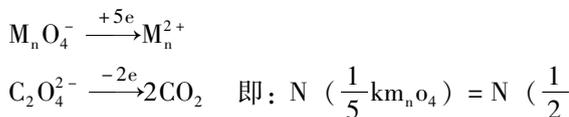
## 1 方法原理

COD<sub>Mn</sub>的测定是基于大多数有机物和部分无机物容易被氧化特性, 反应本质为氧化还原反应中的反滴定法。

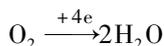
KMnO<sub>4</sub> 与 Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的反应公式如下:



根据上式反应中得失电子选定基本单元及高锰酸盐指数的定义, 可得下式:



$$\left. N_{a_2C_2O_4}\right) = N\left(\frac{1}{4}\text{O}_2\right) \quad (2)$$



## 2 实验部分

### 2.1 2 种主要试剂的配制

我们在高锰酸盐指数水质分析中, 采用《水质 锰酸盐指数的测定》(GB11892-89) 中酸性法用到的 2 种主要试剂是高锰酸钾和草酸钠。它们的贮备液浓度为  $C\left(\frac{1}{5}\text{kmno}_4\right)_{\text{理论}} = C\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\right) = 0.100\text{mol/L}$ , 实际为基于草酸钠与高锰酸钾反应的反应原理来选定基本单元 (见 (1) 式) 的当量浓度, 见表 1 所示。

### 2.2 实验主要过程

该实验本质上为氧化还原反应的反滴定法, 草酸钠、水样中有机物与高锰酸钾反应见图 1。

表 1 试剂的配制

试剂名	摩尔质量/g	基本单元所对应的 摩尔质量/g	称重		配制溶液浓度 C /mol · L <sup>-1</sup>
			重量/g	说明	
KMnO <sub>4</sub> 贮备液	158	$M\left(\frac{1}{5}\text{kmno}_4\right) = 31.6$	3.2	KMnO <sub>4</sub> 有杂质, 配制过程中充分煮沸氧化并过滤, 故称重 3.2g, 略大于 3.16g	$\frac{3.16}{M\left(\frac{1}{5}\text{kmno}_4\right)} = 0.1\text{mol/L}$ 配制为 1L 溶液, 故: $C = \frac{0.1\text{mol}}{1\text{L}} = 0.1$
Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 标准贮备液	134	$M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\right) = 67$	0.6705	Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 选用优级纯, 充分烘干里面水分, 故称重 0.6705g, 略大于 0.6700g	$\frac{0.6700}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\right)} = 0.1\text{mol/L}$ 配制为 100ml 溶液, 故: $C = \frac{0.1\text{mol}}{0.1\text{L}} = 0.1$

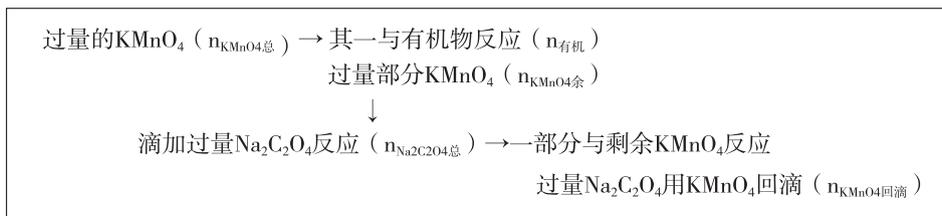


图1 草酸钠、水样中有机物与高锰酸钾反应图

从图 1 可以得出以下关系式:

$$\begin{aligned}
 n_{\text{有机}} &= N \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) = n_{\text{KMnO}_4 \text{总}} - n_{\text{KMnO}_4 \text{余}} \\
 &= n_{\text{KMnO}_4 \text{总}} - (n_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{总}} - n_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{余}}) \\
 &= n_{\text{KMnO}_4 \text{总}} - (n_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{总}} - n_{\text{KMnO}_4 \text{回滴}}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

### 3 公式

#### 3.1 K 值的应用

酸性法测定高锰酸盐指数中, 由于所配置的高锰酸钾使用液  $C \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) = 0.01 \text{mol/L}$  为近似浓度, 每一次实验都应对其浓度进行标定, 引入 K 值, K 为校正系数。

设 10ml 草酸钠标准使用液所消耗高锰酸钾使用液为 V, 1ml 高锰酸钾使用液所相当的草酸钠标准使用液为 x。则可列比例关系式得:  $\frac{10}{X} = \frac{V}{1}$ , 可

得  $K = X = \frac{10}{V}$ 。所以我们可以理解 K 值含义为 1ml

高锰酸钾使用液所相当的草酸钠标准使用液体积。

引入 K 值, 因为  $N \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) = N \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right)$

(见 (2) 式),  $C \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right)_{\text{理论}} = C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right)$

(见 2.1) 及  $n = cv$  则:  $C_{\text{实际}} \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) V_{\text{KMnO}_4} = C$

$\left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right) K V_{\text{KMnO}_4}$  (4)

#### 3.2 计算公式推导

根据前面已经得出的 (3)、(4) 式及  $n = cv$  可得:

$$n_{\text{有机}} = C_{\text{实际}} \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) V_{\text{KMnO}_4 \text{总}} - \left[ C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \right) \right]$$

$$C_2 \text{O}_4 \left. V_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{总}} - C_{\text{实际}} \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) V_{\text{回滴}} \right]$$

$$= C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right) K V_{\text{KMnO}_4 \text{总}} - \left[ C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \right) \right]$$

$$C_2 \text{O}_4 \left. V_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{总}} - C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right) K V_{\text{回滴}} \right]$$

$$= C \left( \frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{C}_2 \text{O}_4 \right) \left[ \left( V_{\text{KMnO}_4 \text{总}} + V_{\text{回滴}} \right) K - \right]$$

$$V_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{总}} \left. \right] \quad (5)$$

酸性法测定高锰酸盐指数中, 由前推导 (2) 式  $N \left( \frac{1}{5} \text{km}_n \text{o}_4 \right) = N \left( \frac{1}{4} \text{O}_2 \right)$ , 所用过量高锰酸钾

使用液和草酸钠标准使用液均为 10ml, 草酸钠标准使用液为 0.0100mol/L, 故 (5) 式可化为:  $N$

$$\left( \frac{1}{4} \text{O}_2 \right) = \left[ \left( 10 + V_{\text{回滴}} \right) K - 10 \right] \times 0.01$$

根据高锰酸盐指数的定义, 上式可得出水样未经稀释, 取样为 100ml 时的计算公式为:

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{Mn}} \text{ (mg/L)} &= \left[ \left( 10 + V_{\text{回滴}} \right) K - 10 \right] \times \\
 &0.01 \times \frac{32}{4} \times \frac{1000}{100}
 \end{aligned}$$

同理, 水样经稀释时的高锰酸盐指数的计算公式, 只需减去所占比例部分蒸馏水所消耗的高锰酸钾体积, 即可按照同样的方法推导而出, 此略。

#### 参考文献:

- [1] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 奚旦立. 环境监测 (第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] GB11892-89, 水质 高锰酸盐指数的测定 [S].

## Principal Analysis of Permanganate Index Determination by Acid Method

ZHANG Jin - yan

(Kaiyuan Environmental Science & Monitoring Station, Kaiyuan Yunnan 661600 China)

**Abstract:** The experimental principle of permanganate index determination by acid method from the standard of GB11892-89 (Water Quality Determination of Permanganate Index) was analyzed. How the calculation formula is deduced was illustrated as well.

**Key words:** principle; formula deduce; permanganate index; acid method

# 《环境科学导刊》

## 2011 年第 30 卷总目次

### 第 1 期

#### · 专题研究 ·

- 利用废茶制备活性炭及其吸附性能的研究 ..... 刘靖, 于家佳, 邢殿楼, 刘恒明 (1)
- 不同类型锰矿废渣浸提条件下重金属释放特征及其对植物种苗生长的影响 ..... 刘荣, 刘方, 商正松 (5)
- 复合微生物絮凝剂产生菌 XLI 的优化条件 ..... 夏莉莉, 赵晓祥, 卢嘉 (10)

#### · 环境管理 ·

- 中外流域管理比较研究 ..... 王晓亮 (15)
- 沈阳市生态城市建设对策探讨 ..... 于洪存, 贾玉鹤 (20)
- 沈阳市发展低碳经济的探索与实践 ..... 赵荣健, 贾玉鹤 (23)
- 某营区生态规划对策探讨 ..... 刘军, 高殿森, 熊正彬 (26)

#### · 环境保护 ·

- 浅谈企业清洁生产审核绩效的量化体现 ..... 张蕾蕾, 于瀚洋, 庄琳, 林卓, 孙大光 (28)
- 昆明市区域碳汇估算 ..... 和兰娣, 李宗逊, 支国强 (30)
- 安宁市土地利用变化及演变趋势分析 ..... 包银丽, 赵碧云 (34)

#### · 水环境保护 ·

- 泸沽湖生态系统问题分析 ..... 董云仙, 谭志卫, 王俊松 (39)
- 水生植物提取液对蓝藻的抑制作用 ..... 欧阳云 (44)
- 渔洞水库 pH 值碱化成因分析及控制 ..... 申开旭 (47)

#### · 污染防治 ·

- 移动通信基站后向电磁场分布规律研究 ..... 朱杰, 徐斌, 缪尔康, 王纲, 何岱 (50)
- 磁化率特征揭示出的昆玉高速公路跑马山段土壤重金属污染状况 ..... 汪彦林, 苏怀, 郑泉, 史正涛, 明庆忠 (54)
- 城市土壤重金属铅污染研究现状 ..... 侯艳伟, 安增莉, 方青松 (57)
- 改性膨润土对校园生活污水中磷的去除研究 ..... 梁启斌, 刘云根, 王伟, 林瑞峰 (62)
- 膨胀石墨污水净化处理研究 ..... 夏九成, 普军, 蒋志强, 赖奇, 谢四才 (64)
- 武夷山市污水处理厂处理效果与技术更新 ..... 余波平, 彭立新, 杨立君 (67)
- 氟硅酸钠废水处理与循环利用探讨 ..... 余国斌 (70)

#### · 环境评价与监测 ·

- 主成分分析法在水环境质量评价中的应用进展 ..... 周广峰, 刘欣 (73)
- 昆明市主城区环境空气质量及变化趋势 ..... 高原 (77)
- 土壤中矿物油含量测定方法的研究 ..... 段友爱, 谢海涛 (80)
- 火焰原子吸收分光光度法测土壤中铜、锌——用王水 + 高氯酸消化样品消化时间对测定结果影响 ..... 郑云华 (82)
- 红外分光光度法测定水中石油类探讨 ..... 马宏伟 (85)
- 火焰原子吸收法测定水样中镉含量的不确定度评定 ..... 季彦璠, 杨艳明, 沈沁怡 (87)
- 环评监测现场采样中应注意的问题 ..... 马开民 (91)
- 我国基层环境监测分析能力的思考 ..... 赵玉祥 (93)

### 第 2 期

#### · 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, 匂坂正幸 (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)

### 第 3 期

· 专题研究 ·

非点源污染负荷估算方法探讨 ..... 樊在义, 宋兵魁, 杨勇, 王文美, 陈颖 (1)

生物炭输入对土壤污染物迁移行为的影响 ..... 安增莉, 方青松, 侯艳伟 (7)

钴-60 $\gamma$  辐照装置退役处置  $\beta$  放射性表面沾污测量 ..... 沈思林 (11)

· 环境管理 ·

河南省 CDM 项目发展存在问题与对策研究 ..... 田水泉, 贾晓敏, 杨风岭 (14)

湖北省环境保护“十一五”规划中期评估 ..... 孙瑞林, 罗枫 (19)

纳板河流域国家级自然保护区社区经济发展模式初探 ..... 王建青, 玉香章, 王东升 (24)

浅析我国森林生态效益补偿制度 .....	张丽 (27)
高校垃圾分类回收管理初步研究——以云南师范大学呈贡校区为例 .....	何雪, 白晓燕 (30)
对绿色印刷的探讨 .....	刘铁波 (35)
<b>· 环境保护 ·</b>	
毛家村水库径流区生态环境状况与建设途径 .....	浦梅 (39)
保山市生态功能区划研究 .....	张星梓, 吴学灿, 余艳红, 周盈涛, 段禾祥 (42)
彝良县角奎镇塘房村环境综合整治措施研究 .....	王恩宣, 万飞虎 (46)
<b>· 水环境保护 ·</b>	
对保护高原湖泊剑湖的思考 .....	张宝元 (49)
垂直流人工湿地净化湖水的除磷研究 .....	余波平, 彭立新 (53)
大宁河 2010 年春季水华浮游植物群落结构分析 .....	刘敏, 吴光应, 王坚, 洪尚波 (57)
滇池外海沉水植物生态环境调查与分布特点分析 .....	宋任彬, 韩亚平, 潘珉, 何锋, 郭艳英 (61)
<b>· 污染防治 ·</b>	
南涧县工业废气排放变化趋势及其防治对策 .....	方芹丽 (65)
赤泥及粉煤灰处理磷石膏堆场废水的方案筛选及评价 .....	安全, 刘方, 杨爱江 (67)
浅谈尾矿库环境污染隐患及防治对策 .....	梁小丽 (71)
玉溪市医疗废水处理现状及对策 .....	龚慧仙 (74)
稀土磁盘在芯棒限动连轧管油环水处理中的应用 .....	刘彬 (77)
蓄水式花台(盘)的机遇和优势 .....	杨敏 (79)
<b>· 环境评价与监测 ·</b>	
从大气环境影响角度探讨城市总体规划布局合理性 .....	李洁, 丁飒, 董润莲 (82)
健康风险评价模型在水环境安全评价中的应用研究 .....	汤锐, 郑一新 (86)
农药厂搬迁厂址用于房地产开发的选址环境影响评价 .....	钱永 (90)
深圳湾水环境质量及变化趋势分析 .....	王越兴 (94)
铜陵市环境空气中 PM <sub>10</sub> 的化学组成特征 .....	王永贤 (97)
三点比较式臭袋法测定恶臭浓度的方法探讨 .....	许卫娟 (99)

## 第 4 期

<b>· 专题研究 ·</b>	
CO <sub>2</sub> 的微生物固定技术研究现状 .....	夏九成 (1)
水葫芦控制性种养技术研究 .....	宋任彬, 杨琰, 何锋, 李滨 (5)
广义回归神经网络预测天津城市用水量 .....	黄淑芬 (8)
<b>· 环境管理 ·</b>	
流域水污染物总量控制研究进展 .....	杨桐, 杨常亮, 毛永杨 (12)
美国氮氧化物排放交易经验及启示 .....	李家才 (17)
西双版纳自然保护区与周边社区的共管研究 .....	黎国强, 赵建伟, 游云 (20)
沈阳市环境技术评估工作的探索与实践 .....	杨佳妮, 贾玉鹤 (24)
农村环境教育问题初探 .....	胡世凯, 王金亮 (27)
<b>· 环境保护 ·</b>	
云南省跨国界水体环境状况调查研究 .....	王健 (31)
洱海流域土地利用格局研究 .....	李锦胜 (34)
临沧市糖业循环经济与可持续发展浅析 .....	贾志翔 (40)
<b>· 污染防治 ·</b>	
抚仙湖流域城镇污染分析及控制策略 .....	祁云宽, 岳春, 刘宇, 李荫玺 (43)

兰州市农村环境污染现状及防治对策分析 .....	姜珊, 杨太保, 金庆森 (47)
建阳市农业面源污染调查与防治对策研究 .....	张金秀 (52)
甘蔗糖蜜酒精生产废水治理——论酒糟的循环使用 .....	李德光, 李羚, 李丽 (55)
化工香料生产企业真空泵优化技改的环境效益分析 .....	夏阳, 翁仕龙, 邵霞晖, 陈月花 (58)
<b>· 环境评价 ·</b>	
塔里木盆地南缘克里雅绿洲土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究 .....	王洪亮, 何秉宇 (60)
基于模糊评价法的湿地土壤环境质量综合评价 .....	卓少玲, 陈盛, 张江山, 王艳君, 胡军 (64)
浅谈桉树工业原料林对生态环境的影响 .....	鲜红 (68)
皮革行业环境影响评价中的清洁生产分析 .....	王志娟, 于家峰, 于晶 (71)
<b>· 环境监测 ·</b>	
臭气浓度无组织排放监测现场采样问题的探讨 .....	陆锦标 (74)
固定污染源废气有组织排放手工监测质量控制与实施 .....	郑云华 (76)
香格里拉县城区大气污染现状及监测点位优化浅析 .....	高春燕 (80)
关于气相色谱法测定水中丙烯酰胺的研究 .....	杨文武 (82)
离子色谱法测定水中硫酸盐质量控制指标研究 .....	彭刚华, 胡正生, 米方卓, 左燕君, 林兰钰, 夏新 (85)
水中总磷、总氮测定方法的改进 .....	王恩宣, 王会其 (88)
稀释接种法测 BOD <sub>5</sub> 考核样品的一些注意点 .....	冯胜 (90)
生活垃圾填埋场封场前后渗滤液环境监测方案的实证分析 .....	陆刚, 熊飞 (93)

## 第 5 期

<b>· 专题研究 ·</b>	
城市生活垃圾除臭酵母的筛选与鉴定 .....	许丽娟, 魏小武, 孙翔宇, 陈薇, 贺月林 (1)
有机锡通过核受体干扰内分泌的研究进展 .....	张纪亮, 朱文文, 熊建利, 孙平 (4)
加工制造业机械设备折旧过程 CO <sub>2</sub> 排放计量探讨 .....	艾晓艳, 吴勇, 王大川, 陈彬, 居鸣华 (7)
昆明市工业碳排放估算初探 .....	李宗逊, 支国强, 魏星 (10)
<b>· 环境管理 ·</b>	
破解环境保护瓶颈 促进可持续发展 .....	李鹏英 (15)
浅谈中国排污许可证制度 .....	孙俊峰 (18)
论陆良县石漠化治理 .....	窦红英 (21)
<b>· 水环境保护 ·</b>	
云南杞麓湖生态脆弱因素分析 .....	董云仙, 刘宇, 李荫玺, 张汝贵 (24)
抚仙湖流域社会经济发展与环境压力分析 .....	王林, 刘宇, 祁云宽, 唐金焰 (30)
“十一五”期间滇池水质变化及原因 .....	苏涛 (33)
丽江古城水环境质量变化趋势浅析 .....	木建文 (37)
汉江流域水污染现状及污染源调查 .....	石应, 古佩, 曹俊, 陈红兵, 卢进登 (42)
<b>· 污染防治 ·</b>	
滇池底泥堆场次生植被富集污染物调查 .....	王瀚墨, 白涛, 肖丹, 何洁 (45)
滇池人工湿地水生植物组合探讨 .....	陈奕蓉 (51)
昆明市中水再生处理及回用现状调研 .....	温东辉, 丁嫚, 龚询木, 张云晋, 刘志勇, 宋文义, 柏耀辉, 谢曙光 (55)
曲靖市固体废弃物现状及“十二五”期间综合利用重点探讨 .....	何芳华 (61)
<b>· 污染治理技术 ·</b>	
水泥窑附烧处理有机磷有机氮类废物的应用前景 .....	吴学勇, 张涛 (64)
镇雄县煤矿废水污染治理技术探讨 .....	张荣卉 (67)
挥发性有机废气治理技术进展 .....	黄建洪, 宁平, 许振成, 周新云, 周瑜, 彭福全 (70)

曲靖垃圾卫生填埋场污染控制与生态恢复 .....	张奉才 (74)
天津市热镀锌企业清洁生产审核实践探索 .....	樊在义, 孙蕊, 杨勇 (77)
<b>· 环境评价与监测 ·</b>	
水电站建设对生态环境的影响及评价 .....	李锦胜 (81)
嵌入式碳纳米管电极差分脉冲伏安法测定湖泊沉积物中铅 .....	李乔丽, 李彬, 刘晓海, 高云涛, 放茂良, 刘琼 (84)
浅析荧光法测定蓝藻生物量的可行性 .....	杨晓冬 (89)
高锰酸盐指数—酸性法空白质量控制研究 .....	赵忠琼, 杨小珊 (92)
COD 测定中氯离子干扰消除方法的探讨 .....	叶晓新, 郭利群 (95)
EXCEL 数据库的应用 .....	白爱民 (98)

## 第 6 期

<b>· 环境管理 ·</b>	
北美国家的湿地恢复及对中国太湖恢复的启示 .....	徐琳, 胡锋, 焦加国, 刘满强, 李辉信 (1)
浅谈德宏州生物多样性及保护 .....	岳品成 (6)
曲靖市生活垃圾治理市场化中的问题和建议 .....	马永余 (10)
固体废弃物填埋场的安全生产 .....	张奉才 (14)
沾益县农村饮水安全建设经验与建议 .....	朱知英 (16)
云南镇雄县珙桐新分布区及保护对策 .....	刘婧, 李乡旺 (19)
<b>· 水环境保护 ·</b>	
抚仙湖生态服务功能调查与评估 .....	王林, 章新, 李红梅, 张晶晶, 申太波 (23)
泸沽湖水生植被现状 .....	谭志卫, 董云仙 (26)
纳板河流域国家级自然保护区水资源质量分析初探 .....	黄瑞, 田茂兴 (33)
<b>· 污染防治 ·</b>	
大朝山水电站库区污染成因及防治对策 .....	贾志翔 (37)
松华坝水库水源保护区污染现状及整治对策建议 .....	赵忠琼, 陈红书 (40)
浅议工业固体废弃物污染的成因及预防 .....	邹向荣 (46)
曲靖市涉重行业治理现状分析及治理重点探讨 .....	何芳华 (48)
危险废物经营企业的清洁生产审核 .....	张兴华 (51)
<b>· 污染治理技术 ·</b>	
混凝—Fenton 氧化联合处理含丙烯酸化工废水 .....	赵静静, 张明, 张伟军 (57)
蓝藻藻华规模化清除技术应用研究 .....	胡明明, 孙阳, 匡民, 孙晓鹏, 李新, 张小龙 (62)
<b>· 环境评价与监测 ·</b>	
关于我国自然环境旅游适宜性评价内容的探讨 .....	裴伶俐, 王洪俊 (65)
纳板河保护区生态旅游资源分析与评价 .....	何彩周, 袁国林, 姜婷 (68)
化工企业搬迁场地环境调查实践与思考 .....	彭晶倩, 李琳, 郑川, 洪卫, 罗泽娇 (71)
基于熵权—属性识别模型的地表水质量评价 .....	宫博, 许开立, 李德顺 (74)
磷矿开发对星云湖总磷污染影响研究 .....	金星, 王林, 祁云宽, 刘宇, 陆娅 (78)
离子色谱技术在环境监测中的具体应用 .....	王娟, 李海波 (81)
气相色谱法测定氯雷他定原料的残留溶剂 .....	李萍 (84)
水质总磷的现场应急监测 .....	吴春妍 (87)
土壤有机质样品前处理简易油浴锅与 HH—S 型数显恒温油浴锅对比探讨 .....	杨小珊, 李娅萍, 赵忠琼 (89)
原子荧光法测定水中汞的质量控制指标研究 .....	夏新, 胡正生, 武云霞, 刘燕红, 林兰钰, 彭刚华 (91)
酸性法测定高锰酸盐指数原理解析 .....	张金艳 (94)