

环境科学导刊 (双月刊)

HUANJING KEXUE DAOKAN

第 30 卷 第 5 期 总第 134 期

2011 年 10 月 25 日出版

目 次

· 专题研究 ·

- 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 CO₂ 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)

· 环境管理 ·

- 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)

· 水环境保护 ·

- 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)

· 污染防治 ·

- 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, 丁嫒, 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)

· 污染治理技术 ·

- 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)

· 环境评价与监测 ·

- 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)

- 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明 (17)
- 《环境科学导刊》征稿简则 (20)
- 《环境科学导刊》征订启示 (94)
- 封面摄影作品:《都有意义》 贺彬摄

期刊基本参数: CN53-1205/X * 1982 * q * A4 * 100 * zh * P * ¥10.0 * 2000 * 27 * 2011-10

ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

(Bimonthly) Vol. 30 No. 5 2011

CONTENTS

Selection and identification of yeast to deodorize from domestic refuse	<i>XU Lijuan etc.</i>	(1)
Review on endocrine disrupting effects of organotins via nuclear receptor	<i>ZHANG Jiliang etc.</i>	(4)
Study on measurement of CO ₂ emissions from machinery depreciation process in manufacture industry	<i>AI Xiaoyan etc.</i>	(7)
Primary estimation of CO ₂ emissions of the industry in Kunming region	<i>LI Zongxun etc.</i>	(10)
Solve the bottleneck of environmental protection and improve sustainable development	<i>LI Pengying</i>	(15)
Brief talk on system of emission permits in China	<i>SUN Junfeng</i>	(18)
Treatment of stony desertification in Luliang	<i>DOU Hongying</i>	(21)
Analysis on factors of ecological vulnerability of Qilu lake in Yunnan province	<i>DONG Yunxian etc.</i>	(24)
Analysis on social economic development and environmental pressure of Fuxian Lake basin	<i>WANG Lin etc.</i>	(30)
Change trend and reasons of water quality of Dianchi lake during the eleventh – five – year plan period	<i>SU Tao</i>	(33)
Analysis on water environment change in old town of Lijiang	<i>MU Jianwen</i>	(37)
Present condition and pollution source survey for water pollution of Hanjiang river basin	<i>SHI Ying etc.</i>	(42)
Investigation on the pollutants absorbed by the secondary vegetation growing on sediment storage area of Dianchi lake	<i>WANG Hanmo etc.</i>	(45)
Discussion on hydrophyte combination planted in man – made wetland in Dianchi lake	<i>CHEN Yirong</i>	(51)
Investigation of the present situation of gray water treatment and reclamation in Kunming	<i>WEN Donghui etc.</i>	(55)
Present status and comprehensive utilization of solid waste during the twelfth – five – year plan period in Qujing	<i>HE Fanghua</i>	(61)
Prospects on treating organic phosphorus and organic nitrogen waste by cement gyrate kiln	<i>WU Xueyong etc.</i>	(64)
Discussion on treatment method of wastewater from the coal mine in Zhenxiang	<i>ZHANG Ronghui</i>	(67)
Summary on treatment technology of volatile organic compounds	<i>HUANG Jianhong etc.</i>	(70)
Pollution control and ecological restoration in Qujing	<i>ZHANG Fengcai</i>	(74)
Application of cleaner production audit on hot galvanizing enterprises in Tianjin	<i>FAN Zaiyi etc.</i>	(77)
Impacts and assessment on ecological environment by hydroelectric station construction	<i>LI Jinsheng</i>	(81)
Different pulse voltammetry determination of lead in lake sediment with inlaid carbon nanotubes modified graphite electrode	<i>LI Qiaoli etc.</i>	(84)
Feasibility of determining the biomass of cyanobacteria by fluorescence method	<i>YANG Xiaodong</i>	(89)
Research on blank test quality control of permanganate index by acid method	<i>ZHAO Zhongqiong etc.</i>	(92)
Study on method of eliminating chlorine ion in determination of COD	<i>YE Xiaoxin etc.</i>	(95)
Application of EXCEL database	<i>BAI Aimin</i>	(98)

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
(湖南省微生物研究所, 湖南长沙 410009)

摘要: 以减少氨气释放量为主要指标, 从初筛获得的具有除臭效果的菌种中复筛出一株 J3 菌株, 其在实验室条件下可减少氨气释放量达 80% 以上, 对生活垃圾具有明显的除臭效果。通过对其菌落和菌体形态特征观察及生理生化实验, 初步确定为掷孢酵母。

关键词: 酵母; 除臭; 筛选与鉴定

中图分类号: X13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0001-03

城市生活垃圾治理是目前我国城市面临的最严重的环境问题之一。我国城市生活垃圾年清运量约为 1.5 亿 t, 除少部分焚烧、堆肥或回收利用外, 绝大部分被运送到填埋场进行处置。这些城市固体废弃物在转运、堆放处理过程中产生大量臭气^[1]。恶臭气体不仅污染空气, 对生态环境造成影响, 还会导致人、畜疾病的传播, 影响居民的正常生活和身体健康^[2]。笔者通过对城市生活垃圾除臭酵母的筛选及鉴定, 获得无害、高效的除臭酵母菌株。

1 材料与方法

1.1 菌种来源

试验菌种是从城市生活垃圾中分离、纯化出来的具有一定除臭效果的酵母菌, 从中优选出 3 株, 分别为 J1、J2、J3。生活垃圾取自浏阳垃圾填埋场。

1.2 培养基

分离纯化用麦芽汁培养基^[3], 培养用 PDA 培养基^[4]。

1.3 实验方法

1.3.1 菌株的初筛

按 10% 接种量接入所试菌株于发臭垃圾中, 以自来水作为对照, 分别于接种后 24h、48h、72h 使用便携式氨气检测仪 NBX80-NH₃ 检测, 初步判断各菌株的除臭效果, 对经便携式检测仪测定有除臭能力的微生物进行复筛实验。

1.3.2 菌株的复筛

取 18ml 菌液于 2L 大烧杯中, 加入 500mg/L

的氨水 2ml; 再往大烧杯中放入装有 20ml 0.005N 硫酸吸收液的 50ml 小烧杯, 大烧杯盖上双层塑料薄膜密封。以等量的无菌水作为对照, 每个处理重复 3 次, 置于 30℃ 的培养箱中培养。24h 后, 取出小烧杯检测氨的浓度。氨的测定采用纳氏试剂比色法^[5]。

1.3.3 酵母菌的鉴定

对筛选出的脱氨作用最强的菌株, 通过形态学观察并结合一些生理学试验来进行鉴定。

1.3.3.1 菌落和菌体形态学观察

将新培养的酵母接于 PDA 平板上, 置于 30℃ 恒温培养箱中培养 3d, 观察菌落形态; 用接种环以无菌操作法挑取菌落少许, 制成水浸片, 用显微镜观察细胞形态。

1.3.3.2 菌的生理生化特性

糖类发酵试验^[6]。往试管内注入 12.5% 的豆芽汁 3.2ml, 并于每支试管内放入一倒置的杜氏小管, 试管口包扎好后, 115℃ 灭菌 20min 备用。分别于上述每支试管内加入 10% 葡萄糖、麦芽糖、蔗糖、乳糖和半乳糖糖液 0.8ml, 静置 2h, 使杜氏管内外的糖液均匀扩散。将 J3 菌分别接种于含糖试管中, 置 30℃ 恒温箱内培养 3d 后观察, 杜氏管内有气泡存在则说明 J3 菌可发酵该种糖类。

硝酸盐利用试验^[7]。①将测试酵母菌进行饥饿培养。把活化好的菌株接种在 4ml 无菌碳源基础培养基中, 25℃ 培养 5~7d, 以消耗细胞内多余的氮源, 防止出现假阳性结果。②制备碳源基础平板培养基。取 11.7g 酵母碳源基础培养基, 20g 纯化琼脂粉, 加 1000ml 蒸馏水, 加热将琼脂粉熔化后经 115℃ 灭菌 30min, 冷却至大约 45℃ 时倒入预先

收稿日期: 2011-03-31

作者简介: 许丽娟 (1980-), 女, 湖南岳阳县人, 助理研究员, 主要从事环境微生物研究。

已加入1ml饥饿培养后的酵母细胞悬液的平板中，混匀后静置，凝固后放在25℃培养箱内数小时，使平板表面干燥，然后把少量所测氮源化合物点在平板上。点置试剂后的平板在25℃下培养2~3d，观察结果，阳性反应者在所点试剂处或周围有酵母菌落生长。

产生类淀粉化合物试验^[6]。将菌株J3划线接于PDA固体培养基中，置于28℃温箱内培养，待长好后，向平板上倾入卢哥氏(Lugol)碘液，若酵母菌落周围呈现蓝色，则为阳性。

产酸试验^[6]。在含碳酸钙的PDA斜面上接种酵母菌，置于30℃恒温箱中培养10d后观察，能产酸的酵母菌能使碳酸溶解而导致培养基呈现透明。

尿酶试验^[8]。取新培养的酵母菌，接种于作水解尿素试验的琼脂斜面上，28℃培养。5~7d后，如琼脂斜面上呈淡红色，则此酵母能分解尿素。

2 结果与分析

2.1 初筛实验

对分离出的数株菌株进行了初步的降氨实验，结果发现有3株菌株表现出较好的除臭作用。且根据感观判断，J3菌株除臭能力最强，J2菌株略优于J1菌株，但初筛实验只是一个简单的定性实验，还需要作进一步的定量实验以判断各菌株除臭能力的强弱。

2.2 复筛实验

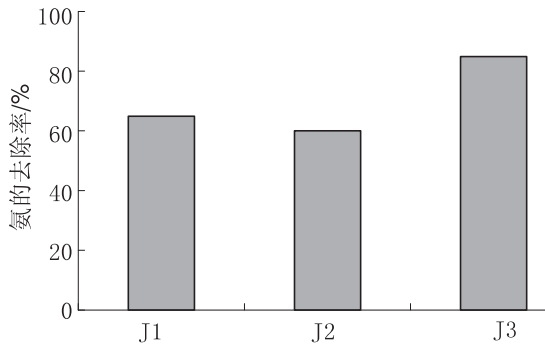


图1 各菌株的除氨率/%

将初筛试验中有除臭作用的3株菌株做进一步的复筛实验，以确定各菌株降氨能力的大小，复筛实验结果见图1。实验结果表明，24h内，J1、J2、J3的脱氨率分别为65%、60%、85%，其中J3对

氨的去除率最高，除臭效果也最稳定。复筛实验结果与初筛实验基本相符，但不难看出初筛实验也存在一定的局限性，在初筛实验中J2的除臭效果要优于J1，但复筛实验正好相反，因此，只有将初筛与复筛方法相结合才能获得高效脱臭菌株。

2.3 菌株的形态学观察

对J3菌株的菌落及菌体形态进行了观察。从图2、图3可见，在PDA固体培养基上J3菌株菌落圆形，湿润光滑，中间凸起，边缘整齐，易挑起，颜色乳白色；光学显微镜下可见细胞椭圆形，细胞的生殖方式为芽殖。



图2 J3菌株的菌落特征

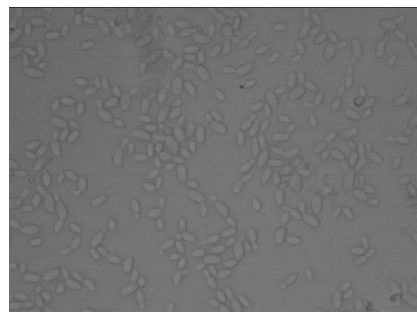


图3 J3菌株的菌体形态

2.4 生化试验

在形态学分析的基础上，对该菌株进行了进一步的生理生化实验，实验结果如表1所示。结果表明，J3菌株糖类发酵、硝酸盐试验、产类淀粉试验及产酸试验均呈阴性，尿酶试验呈阳性，按J·Lodder(1970)酵母分类学鉴定的方法进行酵母的分类，将其归为掷孢酵母。

表1 J3菌株的生理生化结果

菌株	硝酸盐试验	产类淀粉	产酸试验	尿酶试验	糖发酵试验				
					半乳糖	麦芽糖	葡萄糖	蔗糖	乳糖
J3	-	-	-	+	-	-	-	-	-

3 结论

城市生活垃圾在转运、堆放处理过程中产生大量臭气,造成严重的环境污染。臭气中对人体健康影响最大的有害气体主要是氨气和硫化氢。本试验以氨的释放量作为判定菌株除臭能力的一个指标,采用初筛与复筛相结合的方法,从垃圾中分离筛选出了一株能明显降低氨气释放量的 J3 菌株,其对氨的去除率达 80% 以上。通过对 J3 菌株的菌落特征及菌体形态学观察,结合菌株的生理生化实验,初步确定 J3 菌株为掷孢酵母 (*Sporobolomyces roseus*)。

参考文献:

[1] 石磊,边炳鑫,赵由才,等. 城市生活垃圾卫生填埋场恶臭

的防治技术进展 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6 (2).

[2] 单奇华,俞元春,傅利剑,等. 除臭酵母的筛选及其除臭机理 [J]. 南京林业大学学报, 2005, 29 (4).

[3] 沈萍,范秀容,李广武. 微生物学实验 (第 3 版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.

[4] 胡开辉. 微生物学实验 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.

[5] 吴小平,郑耀通. 除臭微生物的筛选 [J]. 福建轻纺, 2002, (1).

[6] 陈彬,鲁绯,王夫杰,等. 酱油增香发酵用耐盐酵母菌的生理生化特性分析及菌种鉴定 [J]. 中国酿造, 2010, (11).

[7] 徐军,罗惠波,崔德宝,等. 大曲中酵母菌的分离及其鉴定 [J]. 酿酒, 2008, 35 (3).

[8] 赵斌,何绍江. 微生物学实验 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

Selection and Identification of Yeast to Deodorize from Domestic Refuse

XU Li - juan, WEI Xiao - wu, SUN Xiang - yu, CHEN Wei, HE Yue - lin
(Hunan Institute of Microbiology, Changsha Hunan 410009 China)

Abstract: A special strain (J3) was screened from many types of yeast. The experiment revealed that J3 can decrease 80% of NH₃ emission from garbage, which has an obvious deodorant effect. The strain was ascertained as *Sporobolomyces roseus* according to the systematic identification in morphology and colony characteristics and physiological and biochemical experiment.

Key words: yeast; deodorization; selection and identification

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

(河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471003)

摘要: 有机锡能够作为视黄酸 X 受体 (Retinoid X receptor, RXR) 和与过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (Peroxisome proliferator-activated receptor γ , PPAR γ) 的激动剂, 对 RXR 激活可能和引起螺类性畸变有关。有机锡还可能通过激活 RXR/PPAR γ 异源二聚体促进脊椎动物脂肪分化和影响脂质代谢平衡。

关键词: 有机锡; 干扰; 内分泌; 进展

中图分类号: X18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0004-03

有机锡化合物, 特别是 TBT (Tributyltin, TBT) 和 TPT (Triphenyltin, TPT) 被广泛用于工业、农业、各种杀虫剂、除草剂、杀真菌剂、杀螺贝剂、纺织品防霉以及海洋船只防污 (Antifouling) 涂料中。20 世纪 60 年代, 国际上将有机锡作为船舶的防污涂料, 并推向商品化。它能有效防止海洋附着生物如海藻、软体动物、藤壶及海绵等对船体、海洋建筑、钻井平台、网箱等的污损。有机锡是迄今为止人为因素大量释放入海水环境中的最毒的化学品之一, 且极难降解。其污染的后果是对海洋生物产生毒性, 长期污染将导致多数螺、贝壳的种群衰退, 对海产品质量安全产生威胁, 以及使鸟类的食物资源减少, 并通过食物链传递导致鸟类受到毒害, 给生态系统造成难以修复的长期破坏。有机锡对人类健康危害也很大, 除了内分泌毒性外, 还会影响人的胚胎发育、神经系统及免疫系统的正常功能, 甚至引发肿瘤。

核受体在机体的生长发育、生殖以及体内许多生理、代谢过程中具有重要的作用。由于多数环境污染物的脂溶性以及有着与内源性激素相似的较低的分子量, 核受体似乎很容易成为环境污染物的靶目标。许多野生动物生殖的异常都与环境污染物能够模拟内源性激素和核受体相互作用有关。

1 有机锡是潜在的 RXRs 和 PPAR γ 的激动剂

最近 Nishikawa 等利用酵母双杂交系统检测了有机锡与人类核受体的结合能力, 发现 TBT 和 TPT 能够强有力地增强人类 RXR 与辅助激活因子 TIF2 之间的蛋白-蛋白相互作用^[1]。有机锡也能够与

腹足类视黄酸 X 受体 (Retinoid X receptor, RXR) 同源物结合, 并且在一定程度上作用强于 RXR 的天然配体 9-顺视黄酸^[2]。Kanayama 等发现, 有机锡除了能够与 RXR 高亲和力地结合外, 还能够与过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (Peroxisome proliferator-activated receptor γ , PPAR γ) 高亲和力结合^[3]。另外, TBT 和 TPT 在 10 到 100 nM 浓度范围内, 能够诱导体外哺乳类细胞的 RXR 和 PPAR γ 基因的转录激活, 有机锡的这种效应和 RXR 的天然配体—9-顺视黄酸以及 PPAR γ 的天然配体—Rosiglitazone 产生的效应相当, 并且没有引起明显的细胞凋亡情况, 这些结果表明有机锡在哺乳动物细胞中可能作为 RXR 和 PPAR γ 的激动剂起作用^[3]。

2 RXR 与生殖发育

RXR 对生物体的生殖十分重要。RXR 能够通过和其它一些核受体形成异源二聚体, 调控激素反应^[4]。利用基因敲除技术研究 RXR 在小鼠生理机能中的作用为我们提供了许多重要的信息。RXR α 缺失的小鼠在出生前全部死亡, 并且心室发育不完全, 心肌层膨大, 眼睛发育畸形^[5,6]。RXR β 缺失的小鼠大约 50% 在出生前死亡, 存活的个体生殖腺支持细胞出现异常的脂质代谢, 并且不育^[7]。在甲壳动物中, 性别决定受 Methyl farnesoate 激素调控, 在合适的时间, 高水平 Methyl farnesoate (>300 nM) 暴露能够引起胚胎雄性特征的发育, 而低水平 (<20 nM) 则引起胚胎雌性特征的发育^[8]。尽管 Methyl farnesoate 激素受体还不确定, 但是体外实验证实其与果蝇 RXR 同源物在体外具有较高的亲和力^[9]。这提示 RXR 可能在甲壳动物性别分化中具有重要的功能。对大鼠的研究发现,

收稿日期: 2011-03-13

作者简介: 张纪亮 (1980-), 男, 副教授, 主要从事环境毒理学研究工作。

视黄酸能够诱导 Stra8 基因的表达, 如果诱导发生在出生前, 原生殖细胞则分化成卵母细胞, 如果发生在出生后, 原生殖细胞则分化成精母细胞^[10,11]。这提示 RXR 在脊椎动物的性别分化中同样具有重要的作用。

如前所述, Nishikawa 等证实有机锡能够与人类的 RXR 高亲和力结合, 同时他们发现, 将其自然配体 9-顺视黄酸对岩螺进行注射暴露, 导致岩螺 (*Thais clavigera*) 出现变性^[1]。这些结果提示 RXRs 在雌性腹足类 (Gastropods) 的性畸变中起重要作用。Castro 等发现在狗岩螺 (*Nucella lapillus*) 生殖腺中 RXR 高度表达, 并再次证实 TBT 和 9-顺视黄酸都能够诱导性畸变的发生^[12]。最近, Sternberg 等对泥螺 (*Ilyanassa obsoleta*) RXR 同源物在体内的季节性变化进行研究, 在性腺的恢复期间 RXR 的表达都能够上升, 有意思的是, 雄性在 10 月期间已经达到高峰, 而雌性在 12 月达到高峰。这和视黄酸调控的原生殖细胞的分化过程十分相似^[13]。因此 Sternberg 等提出一个假设: 如果在适当的时间, 外界环境条件能够使雌性泥螺的 RXR 的表达提前达到高峰的话, 就能够诱导雌性泥螺的雄性化, 发生性畸变。Horiguchi 等证实 TBT 确实能够诱导 RXR 的表达^[14]。他们发现雄性和性畸变的雌性岩螺阴茎中的 RXR 的表达及蛋白含量较正常雌性岩螺阴茎形成区显著性增加。这些结果提示 TBT 诱导的 RXR 表达及蛋白含量的增加在其诱导的性畸变中起重要作用。

3 RXR 与脂肪细胞分化

RXR 与 PPAR γ 能够形成异源二聚体, 在脂肪细胞分化、能量蓄积以及控制身体代谢方面都有重要的作用^[15]。RXR α 和 PPAR γ 的配体都能激活 RXR α /PPAR γ 的二聚体活性, 活化靶基因的转录, 促进前体脂肪细胞的分化。Chawla 等发现 PPAR γ 被其配体激活后能够与 RXR 形成异源二聚体, 此二聚体再与 PPAR γ 的配体结合形成三元复合物, 诱导 3T3-L1 前体脂肪细胞的分化^[16]。Carmona 等发现 9-顺视黄酸以剂量依赖方式诱导棕色脂肪细胞解偶联蛋白 2 (UCP2) mRNA 水平上升, 在这个过程中还发现 RXR 特异性的活化剂甲氧普烯酸或天然的植烷酸能显著升高 UCP2 mRNA 的丰度, 结果指出 9-顺视黄酸通过结合 RXR 诱导棕色脂肪^[17]。TBT 作为 RXR 和 PPAR γ 的配体, 已经发现能够诱导 3T3-L1 和人骨髓细胞的分化和脂肪的聚积^[3,18,19], 增加非洲爪蟾 (*Xenopus laevis*) 和

新生小鼠体内异常脂肪的生成, 改变鸚鵡螺 (*Marisa cornuarietis*) 脂肪酸的平衡^[20]。

4 结语

综合上述, 有机锡作为 RXR 的激动剂, 引起螺类性畸变; 有机锡还能够激活 RXR/PPAR γ 异源二聚体, 促进脂肪分化和影响脂质代谢平衡。搞清有机锡影响机制是我们深入理解和预测其对生物体和生态系统危害以及寻找有效对策的必经途径。然而, 基于现有的报导, 还有许多机制尚不清楚, 在这个研究领域需要做进一步的研究。

参考文献:

- [1] Nishikawa J, Mamiya S, Kanayama T, et al. Involvement of the retinoid X receptor in the development of imposex caused by organotins in gastropods [J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2004, (38).
- [2] Nishikawa J. Imposex in marine gastropods may be caused by binding of organotins to retinoid X receptor [J]. *Mar. Biol.*, 2006, (149).
- [3] Kanayama T, Kobayashi N, Mamiya S, et al. Organotin compounds promote adipocyte differentiation as agonists of the peroxisome proliferator-activated receptor gamma/retinoid X receptor pathway [J]. *Mol. Pharmacol.*, 2005, (67).
- [4] Mangelsdorf D J, Evans R M. The RXR heterodimers and orphan receptors [J]. *Cell*, 1995, 83 (6).
- [5] Kastner P, Grondona J, Mark M, et al. Genetic analysis of RXRa developmental function: convergence of RXR and RAR signaling pathways in heart and eye morphogenesis [J]. *Cell*, 1994, (78).
- [6] Sucov H M, Dyson E, Gumeringer C L, et al. RXRa mutant mice establish a genetic basis for vitamin A signaling in heart morphogenesis [J]. *Genes Dev.*, 1994, (8).
- [7] Kastner P, Mark M, Leid M, et al. Abnormal spermatogenesis in RXRb mutant mice [J]. *Genes Dev.*, 1996, (10).
- [8] Olmstead A W, LeBlanc G A. The juvenoid hormone methyl farnesoate is a sex determinant in the crustacean *Daphnia magna* [J]. *J. Exp. Zool.*, 2002, (293).
- [9] Jones G, Jones D, Teal P, et al. The retinoid-X receptor ortholog, ultraspiracle, binds with nanomolar affinity to an endogenous morphogenetic ligand [J]. *FEBS J.*, 2006, (273).
- [10] Koubova J, Menke D B, Zhou Q, et al. Retinoic acid regulates sex-specific timing of meiotic initiation in mice [J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2006, 103 (8).
- [11] Bowles J, Knight D, Smith C, et al. Retinoid signaling determines germ cell fate in mice [J]. *Science*, 2006, (312).
- [12] Castro L F, Lima D, Machado A, et al. Imposex induction is mediated through the Retinoid X Receptor signalling pathway in the neogastropod *Nucella lapillus* [J]. *Aquat. Toxicol.*, 2007, (85).
- [13] Sternberg R M, Hotchkiss A K, Leblanc G A. Synchronized Expression of retinoid X receptor mRNA with reproductive tract recrudescence in an imposex-susceptible mollusk [J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2008, (42).
- [14] Horiguchi T, Nishikawa T, Ohta Y, et al. Retinoid X receptor

- gene expression and protein content in tissues of the rock shell *Thais clavigera* [J]. *Aquatic Toxicol.*, 2007, (84).
- [15] Auwerx J. PPAR γ , the ultimate thrifty gene [J]. *Diabetologia*, 1999, (42).
- [16] Chawla A, Schwarz E J, Dimaculangan D D, et al. Peroxisome proliferator – activated receptor (PPAR) gamma; adipose – predominant expression and induction early in adipocyte differentiation [J]. *Endocrinology*, 1994, (135).
- [17] Carmona M C, Valmaseda A, Iglesias R, et al. 9 – cis retinoic acid induces the expression of the uncoupling protein – 2 gene in brown adipocytes [J]. *FEBS Lett.*, 1998, (441).
- [18] Inadera H, Shimomura A. Environmental chemical tributyltin augments adipocyte differentiation [J]. *Toxicol. Lett.*, 2005, (159).
- [19] Carfi M, Croera C, Ferrario D, et al. TBTC induces adipocyte differentiation in human bone marrow long term culture [J]. *Toxicology*, 2008, (249).
- [20] Janer G, Navarro J C, Porte C. Exposure to TBT increases accumulation of lipids and alters fatty acid homeostasis in the ramshorn snail *Marisa cornuarietis* [J]. *Comp. Biochem. Physiol. C*, 2007, (146).

Review on endocrine disrupting effects of organotins via nuclear receptor

ZHANG Ji – liang, ZHU Wen – wen, XIONG Jian – li, SUN Ping
(College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and
Technology, Luoyang, Henan 471003 China)

Abstract: Research on endocrine disrupting effects of organotins via nuclear receptor is summarized. Organotin compounds are potent and efficacious agonistic ligands of RXR (Retinoid X receptor) and PPAR γ (Peroxisome proliferators – activated receptor). It is suggested that gastropod imposex was mediated by RXR. In vertebrate, organotin compounds are ligands for both PPAR γ and RXR, and affect adipocyte differentiation and lipid metabolism.

Key words: organotins; disrupting; endocrine; advantage

加工制造业机械设备折旧过程 CO₂ 排放计量探讨

艾晓艳¹, 吴 勇¹, 王大川¹, 陈 彬², 居鸣华²

(1. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 中熹会计师事务所有限公司, 四川 成都 610041)

摘 要: 利用折旧法中的楼梯法, 再结合设备的主要组成物质的排放因子, 初步分析了机械设备在折旧过程中排放的 CO₂ 量。研究表明, 机械设备在折旧过程中排放的 CO₂ 量是碳排放计量工作中不可缺少的一部分。

关键词: 加工制造业; 机械设备; 折旧; CO₂ 排放量

中图分类号: X50 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0007-03

众所周知, 机器设备可以连续参与若干个生产周期而保持其原有的实物形态, 但由于不断磨损与耗损使其价值随着时间推移而逐渐地、部分地减少, 以资产折旧方式转移到新产品价值中去, 并随着产品价值的实现从销售收入收回, 最终转化为货币形态^[7]。

机械设备作为企业的很大一部分固体资源, 对企业进行碳排放计量工作时, 机械设备的 CO₂ 排放量就必须考虑在内。机械设备除了考虑消耗能源排放的 CO₂ 量, 还要考虑设备折旧过程中排放的 CO₂ 量。

1 折旧的概念

财政部提出折旧“是指在固定资产使用寿命内, 按照规定的方法对应计折旧额进行系统摊销^[15]”。政府以法规、准则的方式在下发文件中提出, 它要求企业理解, 强调执行, 便于操作, 有利于实施, 少有学术性探索性内容。

2 折旧年限的确定

计算设备每年的平均使用成本, 观察各种费用的变化, 一般情况下随设备使用年限的增长, 年平均折旧费用逐渐变小, 而年平均运行维护费用增加, 年均费用值最小的年份即为最佳更新期, 也就是设备的经济寿命^[1]。

图 1 反映了设备年平均运行维护费用和资金回

收额的变化。最小的年度平均费用所对应的年份即为其经济寿命。服务年限超过了设备的经济寿命, 其年度平均费用又将上升。因此, 设备使用到其经济寿命的年限更新最为经济。图 1 中在 Ne 时为最为经济年。

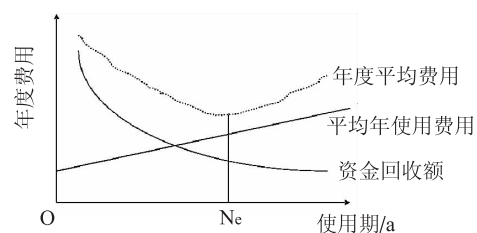


图 1 设备年均费用曲线

《企业所得税税前扣除办法》第二十五条规定, 除另有规定者外, 房屋、建筑物为 20a; 火车、轮船、机器、机械和其他生产设备为 10a; 电子设备和火车、轮船以外的运输工具以及与生产经营有关的器具、工具、家具等为 5a^[14]。

3 残值的确定

在计算折旧费时, 要考虑到机械设备废弃时还有残值。例如机械设备在废弃时, 废铜烂铁也有一定的价值。对于计算机械设备的折旧费, 一般机械设备的净残值在 3% ~ 5%^[5], 此处选择残值为 3% 来计算。

4 折旧的计算

折旧费用的计算是基于对折旧的质的认识, 而在量的方面的描述, 即是对固定资产因功能丧失、服务潜力降低而导致的价值转移的数量多少的认识。据此, 折旧计算方法主要有以下 5 种:

收稿日期: 2011-04-26

基金项目: 碳计量与碳排放会计服务研究, 川注协 [2010] 72 号。

作者简介: 艾晓艳 (1985-), 女, 成都理工大学环境与土木工程学院硕士研究生, 主要从事环境污染等方面的研究。

4.1 直线法

即平均年限法，是将机械设备的折旧均衡地分摊到各期，按年按月平均计算的一种方法。它的理论依据假定折旧是时间而不是使用状况。决定机械设备服务能力降低的决定因素是时间推移所造成的陈旧和损坏^[6]。这种方法的优点是计算简单，为习惯所接受，在产量均衡时不失为一种现实考虑。但产量均衡往往不是常态，所以这种方法越来越受到其它方法的挑战。

4.2 工作量法

工作量法亦称变动费用法，是指计提的折旧费用是个变数，这种观点认为资产功能丧失是随机的、可变的。它的理论依据在于机械设备价值的降低是机械设备使用状况的函数^[6]。教科书中通常的举例是汽车。汽车的功能丧失不是按照使用年限而是行驶里程或吨公里，比如出租车，一般日行24h，私家车往往只是1~2h，使用时间差异大，只能按行驶里程计算折旧。这种方法弥补了平均年限法只重使用时间，不考虑使用强度的特点。

4.3 加速法

加速法是指折旧费用在设备使用前期计提多，使用后期计提少，大部分折旧在前期计提的方法。加速法主要优势有三：一是可推迟纳税，获得明显的财务利益；二是可抵御固定资产风险，与技术进步加快相适应；三是与设备低劣化趋势相配合，便于均衡设备使用费用，决策设备最佳更新期。这种方法相对加速折旧的速度，以使机械设备成本在有效使用年限中加快得到补偿。加速法具体又分年数总和法、余额递减法、双倍余额递减等方法。

二次大战后，由于资本主义各国经济高速增长，竞争日益激烈，于是各主要资本主义国家相推行加速折旧法，并使之法律化。目前，西方国家的企业广泛采用加速折旧法，刺激了经济的增长，鼓励了投资，发展了生产，稳定了社会秩序，推迟了经济衰退^[6]。

4.4 减速法

减速法是指设备使用前期折旧费用提取少，使用后期提取多，大部分折旧在后期计提的方法。此法在工业企业很少使用，而租赁公司、公用事业单位使用较多^[2]。

4.5 楼梯法

楼梯形折旧法是这样描述的，施工机械是按

10a计提折旧费的，我们把它分为三个阶段：第一阶段叫稳定阶段，第二阶段叫初步稳定阶段，第三阶段叫不稳定阶段。稳定阶段是相对来说的，在这个阶段一般不会出现修理占用时间和其他意外占用时间，工作时间有保证。在不稳定阶段会经常出现一些问题，需要调整、维修或更换零部件，有时还会出现一些其他故障。

第一阶段分为4a，每年折旧费的提取按折旧费总值的16.5%计提，4a共提66%；第二阶段为3a，每年旧费按折旧费总值的8.33%提取，3a共提取25%；第三阶段为3a，每年折旧费的提取按折旧费总值的3%计提，3a共提取9%。同过去相比，按10a计算，直线法每年提取都是10%。按新法前4a每年提取16.5%，每年多提6.5%，4a收回66%，7a就收回91%，对保证企业机械设备更新的资金来源，促进企业发展和增强竞争力有积极的作用^[3]。

5 设备折旧过程 CO₂ 的排放量计算

对企业进行碳排放计量工作时，机械设备折旧也要考虑在内。此次碳排放计量过程，按照《企业所得税税前扣除办法》第二十五条规定，机械设备的使用寿命按10a计算，使用年限的折旧率按照折旧方法中的楼梯法的阶段分配计算，残值按3%来计算。

本文在计算机械设备折旧过程中，只考虑机械设备的材料消耗，而且设备材料消耗只考虑钢材，消耗量按折旧方法中楼梯法的折旧系数来计算。故我们将设备折旧环节碳排放量折合为钢材的消耗量与钢材排放因子的乘积^[4]，计算公式如下：

$$E_{steel} = M_{steel} \cdot l \cdot r \cdot EF_{steel} \quad (1)$$

式中： E_{steel} —设备折旧环节 CO₂ 的排放量，kg/a；

M_{steel} ， l —设备损耗的重量，kg；

EF_{steel} —钢材的排放因子；

r —设备使用年限的折旧率。

$$M_{steel, l} = M_{steel} - M_{steel, r} \quad (2)$$

式中： M_{steel} —设备的总重量，kg；

$M_{steel, r}$ —设备残体的重量，kg。

$$M_{steel, r} = \frac{C_{成本} \cdot 3\%}{C_{废钢材}} \quad (3)$$

式中： $C_{成本}$ —设备的成本价格，元；

$C_{废钢材}$ —废钢材的市场价格，元；

3%—残值的系数。

制造行业中的某企业，购买了一台真空硫化机，设备的性能参数见表1。

表1 真空硫化机相关参数

设备名称	规格型号	购买日期	原值/元	重量/kg
真空硫化机	THP-V-100-S-PCD 3RT	2006-07	135000	2200

表2 计算所需数据

名称	相关数值
钢材报废价/元·t ⁻¹	2800
钢材生产的排放因子/(tCO ₂ /t生产的钢)	1.06
残值系数/%	3
设备使用年限的折旧率/%	16.5

依据折旧的计算方法中的楼梯法和公式(1)、(2)和(3),再结合表1和表2中相关数据,可以计算出真空硫化机在2009年中的CO₂排放量,计算过程如下:

$$M_{steel,r} = \frac{135000 * 3\%}{2800} * 1000 = 1446.43 \text{ (kg)}$$

$$M_{steel,1} = 2200 - 1446.43 = 753.57 \text{ (kg)}$$

$$M_{steel} = 753.57 * 1.06 * 16.5\% = 131.80 \text{ (kg)}$$

由以上计算可知,这台真空硫化机在2009年中CO₂排放量是131.80kg,这个数据仅指折旧过程中的CO₂排放量。因此,设备折旧过程中CO₂排放量是不能忽略不计的,也是碳排放计量工作中不可缺少的一部分。

6 结语

(1) 本文计算的1台真空硫化机在2009年排放的CO₂为131.80kg,这个数据仅是一台设备折旧过程排放的,因此不能对机械设备折旧过程的CO₂排放量忽略不计。在进行碳排放计量工作时,对于企业的高耗能机械设备应给予高度重视。

(2) 各个机械设备的物质组成不一样,在以

后的碳排放计量工作中,需要更深入地了解企业各个设备的物质组成,再计算其折旧过程中CO₂排放量。

(3) 不同的机械设备适合的折旧方法也不尽相同,故机械设备折旧过程CO₂排放量要根据具体情况具体研究。

参考文献:

- [1] 张欣. 现行设备折旧方法的分析与探讨 [J]. 大连轻工业学院学报, 2005, 24 (1).
- [2] 柴美群, 梁聪慧. 固定资产折旧的探索 [D]. 石家庄联合技术职业学院学术研究, 2006.
- [3] 袁新年, 李小峰. 设备折旧新法—楼梯法 [J]. 中州大学学报, 2001, (3).
- [4] 赵黛青. 生物质发电生命周期3E评价模型与分析 [D]. 广州: 中国科学院广州能源研究所, 2008.
- [5] 高琦. 固定资产折旧费用在会计准则与税法中的比较分析 [J]. 鄂州大学学报, 2008, 15 (4).
- [6] 范尚平. 关于固定资产折旧计算方法的探讨 [J]. 经济视角, 2006, (10).
- [7] 董秉玺. 企业固定资产折旧方法探析 [J]. 西部财会, 2010, (5).
- [8] 魏志丰. 固定资产折旧模型的构建及其检验研究 [D]. 北京: 北方工业大学, 2010.
- [9] 黄俊婕, 俞毅. 关于固定资产损耗价值补偿模型的探讨 [J]. 中国集体经济, 2008, (2).
- [10] 上官敬芝, 徐峰. 关于固定资产价值补偿模式的探讨 [J]. 中国管理信息化, 2007, 10 (4).
- [11] 张晓彤. 固定资产折旧方法的探索 [J]. 实务研究, 2009, (6).
- [12] 张宇璐. 固定资产折旧方法浅析 [J]. 财会通讯, 2009, (8).
- [13] 张建峰. 对固定资产折旧问题的探讨 [J]. 科技广场, 2009, (6).
- [14] 中国注册会计师协会. 企业所得税税前扣除办法 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2007.
- [15] 财政部. 企业会计法律与准则 [M]. 北京: 中国法制出版社, 2006.

Study on Measurement of CO₂ Emissions from machinery Depreciation Process in Manufacture Industry

AI Xiao-yan¹, WU Yong¹, WANG Da-chuan¹, CHEN Bin², JU Ming-hua²

(1. State Key Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059 China)

Abstract: The staircase method, combined with the main emission factors of the equipment, was used to analyze the CO₂ emission of depreciation of manufacturing machinery. The results show that CO₂ emission is an integral part of carbon emissions measurement work.

Key words: processing manufacturing industry; mechanical equipment; depreciation; CO₂ emissions

昆明市工业碳排放估算初探

李宗逊, 支国强, 魏 星

(昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650032)

摘要: 采用 OECD 专家组推荐的计算方法, 在对比 IPCC 和国家气候变化协调小组 (NCCG) 第三工作组给出的碳排放系数后, 在昆明市对外公布的 2008 年工业能耗统计数据基础上, 对昆明市的工业碳排放进行了估算。还对昆明市的工业行业碳排放强度、昆明市工业碳排放的行业分布情况进行了初步分析。

关键词: 工业; 碳排放估算; 昆明市

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0010-05

1 引言

当前, 全球气温上升问题突出, 据 IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 估计, 最近 100a 全球气温升高了 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ^[1], 国际对气候异常已达成共识, 即影响气候变化的碳排放来源于全球经济的发展。2007 年我国碳基燃料 CO₂ 排放量居全球第二, 我国能源消费总量达到 265480 万 t 标煤, 相比 1978 年增长了 422.84%, 且能源消费以煤炭为主 (2005 年我国煤炭消费占能源消费总量的 69.11%^[2])。在哥本哈根气候变化大会上, 中国向世界郑重承诺, 到 2020 年, 中国单位国内生产总值 CO₂ 排放量将在 2005 年基础上削减 40%~45%。

昆明是中国面向东南亚、南亚开放的门户枢纽, 是中国唯一面向东盟的第一城, 国家级历史文化名城, 云南省唯一特大城市, 也是云南省省会。当前, 昆明市正着力构建生态文明, 逐步转变经济增长方式, 创建国家级环保模范城市和生态城市。作为中国西南的国际化大都市, 向节能、绿色的低碳城市方向发展, 进一步抢占下一阶段城市发展制高点, 构建绿色节能的新型工业经济体系, 对于可持续发展具有重要意义, 同时也是对减缓全球气候变化作出贡献。针对昆明市的工业碳排放估算成为支撑这一城市发展目标的重要基础研究内容之一。

2 昆明市工业基础状况与方法

2.1 工业经济状况

昆明市 2008 年全年实现国民生产总值 1605.39 亿元, 其中工业实现 740.26 亿元, 实现工业增加值 595.26 亿元, 工业总产值占全市总产值的 46.1%。根据统计, 工业 37 个主要行业中,

按照工业总产值 (当年价) 排序, 前 21 个行业的工业总产值之和占全市工业总产值的 96.2%, 详见表 1。

表 1 2008 年昆明市工业以及规模以上工业经济状况

序号	工业行业	工业总产值 / 亿元	工业增加值 / 亿元
1	有色金属冶炼及压延加工业	395.59	45.92
2	化学原料及化学制品制造业	243.64	50.04
3	黑色金属冶炼及压延加工业	228.68	42.05
4	烟草制造业	210.38	156.92
5	电力、热力的生产和供应业	117.11	43.56
6	医药制造业	65.61	26.24
7	农副食品加工业	58.17	7.10
8	电气机械及器材制造业	48.16	9.27
9	交通运输设备制造业	47.48	13.73
10	通用设备制造业	45.24	15.61
11	非金属矿采选业	42.54	18.05
12	非金属矿物制品业	38.75	8.00
13	石油加工炼焦及核燃料加工业	35.97	4.76
14	专用设备制造业	25.26	8.03
15	印刷业和记录媒介的复制	20.99	7.95
16	燃气生产和供应业	20.29	0.77
17	金属制品业	18.79	3.65
18	塑料制品业	18.24	5.58
19	饮料制造业	14.47	4.58
20	黑色金属矿采选业	13.97	1.62
21	通信设备计算机及其他电子设备制造业	13.25	3.75
...
前 21 个行业共计		1722.58	477.18
全市工业		1791.55	495.40

数据来源: 2008 年昆明市统计年鉴^[3]。

收稿日期: 2011-04-12

2.2 研究方法

根据世界自然基金会 (WWF) 对中国的温室气体排放调查, 中国 91% 的碳排放来源于能源消耗, 9% 来自生产过程产生的 CO₂。由于生产过程的碳排放难以计算, 目前国际上碳排放总量主要计算能源消耗碳排放量。

表 2 各种能源的碳排放系数

(10 ⁴ t/10 ⁴ tce)			
能源种类	碳排放系数	能源种类	碳排放系数
原煤	0.7559	燃料油	0.6185
洗精煤	0.7559	其他石油制品	0.5857
焦炭	0.8550	液化石油气	0.5042
其他焦化产品	0.6449	天然气	0.4483
原油	0.5857	焦炉煤气	0.3548
汽油	0.5538	炼厂干气	0.4602
煤油	0.5714	其他煤气	0.3548
柴油	0.5921		

表 3 化石燃料碳排放系数

燃料	潜在排碳系数 (f)	氧化率	排放因子 Ef
	/(kg/10 ⁶ kJ)	/%	/(kg 碳/10 ⁶ kJ)
煤炭	24.78	90	22.30
原油	21.47	98	21.04
汽油	18.9	98	18.5
煤油	19.6	98	19.2
柴油	20.2	98	19.8
燃料油 (重油)	21.0	98	20.6
液化石油气	17.2	98	16.9
天然气	15.3	99	15.15

目前, 碳排放计算方法及系数很多, 国际上最为通行、权威的计算方法为 IPCC 发布的碳排放计算指南, 大多研究均以此为基础开展。本文工业碳排放采用了 OECD (经济合作与发展组织) 专家组于 1991 年推荐的计算方法; 在计算系数选取方面, 根据基础数据资料的可获得性, 在对比 IPCC 最新

碳排放计算指南^[4] 和国家气候变化协调小组第三工作组给出的能源碳排放系数差异程度后 (1.4% ~ 2.6%), 根据调查获得的能源种类细分后, 进行估算。计算公式见式 1。

$$A = \sum_{i=1}^n B_i \times C_i \quad \text{式 1}$$

式中: A—碳排放量, 单位 10⁴t;

B_i—能源 i 的消费量, 按标准煤计, 单位 10⁴t;

C_i—能源 i 碳排放系数, 10⁴t / 10⁴tce;

n—能源消费种类, 10⁴t / 10⁴tce;

i—第 i 能源。

表 2 为 IPCC 碳排放计算指南中所列排放系数。表 3 为国家气候变化协调小组第三工作组给出的排放系数。

3 昆明市工业能耗估算

2008 年, 昆明全市能源消费总量为 1925.55 万 t 标准煤, 其中工业能源消费总量为 1363.2 万 t 标准煤, 占全市能源消费总量的 70.7%。工业能源消费中, 规模以上工业企业能源消费量为 1135.2 万 t 标准煤, 占工业能源消费量的 84.4%, 占全市能源消费总量的 59.8%。昆明市 2000 ~ 2008 年规模以上工业企业能源消耗共增长 120.76%, 平均年递增 15.10%。

昆明市工业各主要行业中, 9 大行业能源消费占全市工业能源消费总量的 81.3%, 共计 1101.4 万 t 标准煤。这 9 大行业按能耗从大到小排列, 分别为: 电力、热力的生产和供应业, 黑色金属冶炼及压延加工业, 化学原料及化学制品制造业, 石油加工炼焦及核燃料加工业, 燃气生产和供应业, 非金属矿物制品业, 有色金属冶炼及压延加工业, 非金属矿采选业, 黑色金属矿采选业。各主要工业行业能源消费构成情况见图 1。

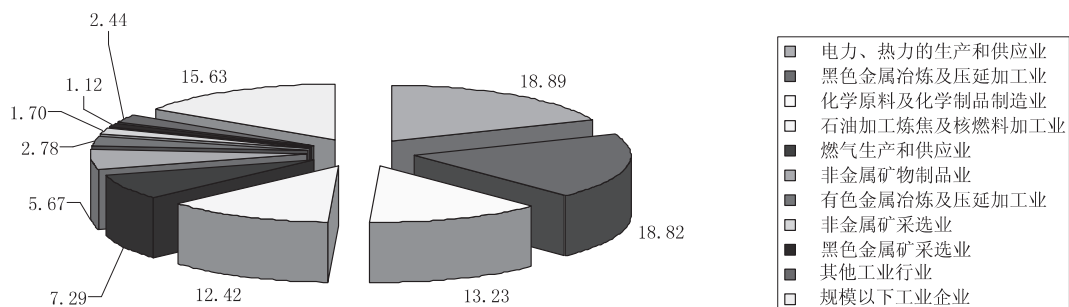


图 1 9 大规模以上行业能源消耗占工业行业总能耗的比例 (%)

4 昆明市工业碳排放估算

2008年昆明市工业二氧化碳排放总量3364.71万t。全市工业各主要行业中,电力、热力的生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,化学原料及化学制品制造业,石油加工炼焦及核燃料加工

业,燃气生产和供应业,非金属矿物制品业,有色金属冶炼及压延加工业,非金属矿采选业,黑色金属矿采选业9大工业行业二氧化碳排放量2986.83万t,占工业总碳排放量的88.77%。2008年工业各行业二氧化碳排放量见表4和图2。

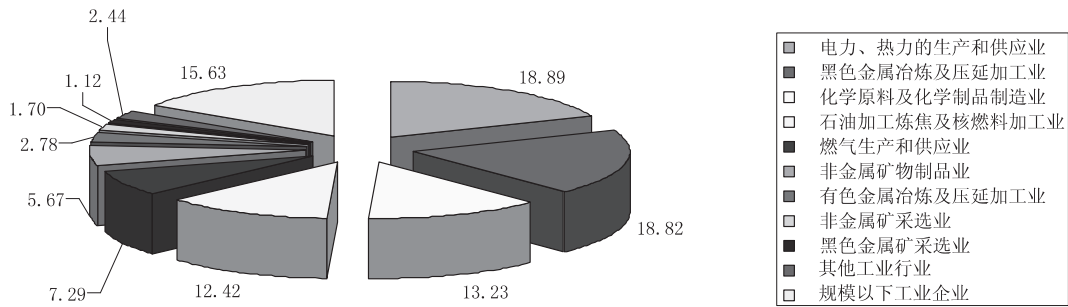


图2 9大规模以上行业碳排放占工业行业总碳排放比例(%)

表4 2008年昆明市工业行业二氧化碳排放量

行业	二氧化碳排放量/万t	占工业总碳排放比例/%
黑色金属冶炼及压延加工业	716.80	21.30
电力、热力的生产和供应业	682.66	20.29
化学原料及化学制品制造业	488.14	14.51
石油加工炼焦核燃料加工业	444.36	13.21
燃气生产和供应业	262.46	7.80
非金属矿物制品业	202.77	6.03
有色金属冶炼及压延加工业	102.81	3.06
非金属矿采选业	59.55	1.77
黑色金属矿采选业	27.28	0.81
其他行业	86.98	2.59
其他规模以下工业企业	290.9	8.65
总计	3364.7	100.00

注:根据昆明市统计局2008年能源消耗总量当量值计算,折算碳排放系数根据参考文献^[5-8]。

表5 昆明市工业行业碳排放强度对比表 (t CO₂/万元)

行业	昆明市工业行业单位工业增加值碳排放强度
燃气生产和供应业	340.86
石油加工、炼焦及核燃料加工业	93.35
黑色金属矿采选业	25.35
电力热力的生产和供应业	17.05
非金属矿物制品业	16.83
黑色金属冶炼及延压加工业	15.67
化学原料及化学制品制造业	9.75
非金属矿采选业	3.30
有色金属冶炼及延压加工业	2.24

5 昆明市工业行业碳排放强度

从表5可以看出,燃气生产和供应业的工业增

加值碳排放强度高达340.86t/万元,电力热力的生产和供应业经查阅相关资料小于我国东部城市无锡。

6 昆明市工业经济构成与工业行业碳排放分析

根据2008年统计年鉴,工业总产值贡献率居前的工业行业,能源消耗也大,主要为有色、黑色金属冶炼业以及重化工行业。但也有相当一部分高产值低能耗的产业,如医药制造业、电气机械及器材制造业、交通运输设备制造业等制造行业,在昆明市工业生产总值贡献中占有举足轻重的地位。经过计算和比较,2008年昆明市工业各个行业生产

总值、能耗、碳排等指标与排序如表6所示。根据表6计算,9大行业工业总产值占全市工业总产值的63.46%,工业增加值占全市工业增加值的43.35%,而其对应的能耗水平却占全市工业能耗消费总额的82.43%,二氧化碳排放水平占全市工业二氧化碳排放总量的88.77%。

9大行业中黑色金属冶炼较有色金属冶炼工业增加值低,能耗高,碳排放量大。黑色金属冶炼、制造及采掘业工业总产值占全市工业总产值的13.54%,工业增加值占全市工业增加值的8.82%,而其对应的能耗水平却占全市工业能耗消费总额的20.06%,二氧化碳排放水平占全市工业排放总量的22.11%。有色金属冶炼生产与黑色金属冶炼生产情况正相反,有色金属冶炼及压延业工业总产值占全市工业总产值的22.10%,工业增加值占全市工业增加值的9.27%,而其对应的能耗水平仅占全市工业能耗消费总额的2.80%,二氧

化碳排放水平仅占全市工业排放总量的 3.06%。负责能源生产的电力热力和燃气生产业其工业经济价值较高,对应的能源消费及二氧化碳排放更大,其工业总产值占全市工业总产值的 7.67%,工业

增加值占全市工业增加值的 8.95%,而其对应的能耗水平却占全市工业能耗消费总额的 26.34%,二氧化碳排放水平占全市工业排放总量的 28.09%。

表 6 2008 年昆明市工业行业生产总值、能耗、碳排等指标与排序

行业	工业总产值 /亿元	工业增加值 /亿元	能源消耗量 /万 t	碳排放量 /万 t	排序		
					工业产值	能源消耗	碳排放
有色金属冶炼及压延加工业	395.59	45.92	37.96	102.81	1	7	7
化学原料及化学制品制造业	243.64	50.04	180.3	488.14	2	3	3
黑色金属冶炼及压延加工业	228.68	42.05	256.46	716.80	3	2	1
烟草制造业	210.38	156.92	5.44	14.98	4	10	10
电力、热力的生产和供应业	117.11	43.56	257.5	682.66	5	1	2
医药制造业	65.61	26.24	3.23	8.79	6	11	11
农副食品加工业	58.17	7.1	2.28	6.25	7	13	13
电气机械及器材制造业	48.16	9.27	0.40	0.99	8	19	19
交通运输设备制造业	47.48	13.73	1.35	3.73	9	15	15
通用设备制造业	45.24	15.61	2.44	7.05	10	12	12
非金属矿采选业	42.54	18.05	23.22	59.55	11	8	8
非金属矿物制品业	38.75	8	77.24	202.77	12	6	6
石油加工炼焦及核燃料加工业	35.97	4.76	169.34	444.36	13	4	4
专用设备制造业	25.26	8.03	0.95	2.63	14	16	16
印刷业和记录媒介的复制	20.99	7.95	0.18	0.45	15	20	20
燃气生产和供应业	20.29	0.77	99.36	262.46	16	5	5
金属制品业	18.79	3.65	0.77	1.94	17	18	18
塑料制品业	18.24	5.58	0.82	2.14	18	17	17
饮料制造业	14.47	4.58	1.69	4.51	19	14	14
黑色金属矿采选业	13.97	1.62	15.33	27.28	20	9	9
通信设备计算机及其他电子设备制造业	13.25	3.75	0.12	0.32	21	21	21

除表 6 中列出的 9 大行业外,表中列出的其他现代制造业(含烟草、医药、电器机械及器材制造、交通运输设备制造、通用设备制造、专用设备制造、饮料制造、通信设备计算机制造)工业总产值占全市工业总产值的 26.3%,工业增加值占全市工业增加值的 48.07%,而其对应的能耗水平仅占全市工业能耗消费总额的 1.15%,二氧化碳排放水平仅占全市工业排放总量的 1.28%。

7 结论与讨论

7.1 结论

(1) 2008 年,昆明市工业能源消费总量为 1363.2 万 t 标准煤,其中规模以上工业行业能耗为 1135.2 万 t 标准煤,约占工业能耗总量的 84.4%;

(2) 2008 年,昆明市工业二氧化碳排放总量 3364.7 万 t,其中规模以上工业企业二氧化碳排放量 3073.81 万 t,占昆明市工业二氧化碳排放总量

的 91.35%;

(3) 昆明市工业能源主要以煤炭为主,石油、天然气、生物质能等可再生能源使用少,工业整体和行业碳排放系数相对较高;

(4) 昆明市能源利用率低,单位工业增加值能耗 2.29t 标准煤/万元高于全国 2.189t 标准煤/万元的水平;

(5) 昆明市工业产业结构中,黑色金属冶炼、化工、有色冶金、能源生产等高耗能行业仍占主导地位。

(6) 从产业结构与碳排放的角度,昆明市应大力发展先进制造业,积极开发高新技术、信息产业,稳步开发金属加工业和化工行业,并通过提高能源使用效率,改变能源使用结构等方式,在实现全市工业增加值稳步增长的同时,降低能源使用量,减少二氧化碳的排放。

7.2 讨论

(1) 工业碳排放估算应包括工业生产化石燃料燃烧和生产过程物耗两个方面的内容。工业生产需要大量能源,我国工业生产能源主要来源于煤炭,燃烧煤炭产生大量二氧化碳排放。除了冶炼、发电、制气、制焦等需要大量消耗煤炭外,其他生产涉碳物质产品、工艺及生产流程等,也都会向外界排放二氧化碳。目前关于工业的碳排放估算,大都集中于工业生产化石燃料燃烧方面,生产过程的碳排放估算一般很少计入。但从一个地方和区域的碳排放完整性考虑,生产过程的碳排放估算不容忽视,估算方法也应更加系统化和标准化。

(2) 鉴于昆明市现有统计体系对工业的生产用能有着较完整的统计,本文对工业碳排放估算主要针对工业生产化石燃料燃烧进行了初步核算,但是未把工业生产过程中的碳排放估算纳入此次估算的范围,将在下一步的相关研究工作中持续关注和提高,并按照 IPCC 国家温室气体清单核算方法体系完善相关工作。

参考文献:

- [1] 牛文元. 绿色战略 [M]. 青岛: 青岛出版社, 1997.
- [2] 杨蕾, 李光明. 中国能源消费带来的碳排放问题与碳减排措施 [J]. 环境资源, 2008, (3).
- [3] 昆明市统计局. 昆明统计年鉴 2009 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [4] IPCC. 2006 IPCC guidelines for greenhouse gas inventories: volumes II [EB/OL]. Japan: the Institute for Global Environmental Strategies, 2008 [2008-07-20]. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/Methodology-reports.htm>.
- [5] 钱杰, 俞立中. 上海市化石燃料排放二氧化碳贡献量的研究 [J]. 上海环境科学, 2003, 22 (11).
- [6] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume II [ES/OL]. Japan: the Institute for Global Environment Studies, 2008 [2008-04-17-20]. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/Methodology-reports.htm>.
- [7] 李志强, 刘春梅. 碳足迹及其影响因素分析—基于中部六省的实证 [EB/OL]. <http://www.ditan360.com/Zhiku/Info-48355.html>.
- [8] 胡初枝, 黄贤金, 钟大洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析 [J]. 中国人口资源与环境, 2008, (3).

Primary Estimation of CO₂ Emissions of the Industry in Kunming Region

LI Zong-xun, ZHI Guo-qiang, WEI Xing

(Kunming Environment and Science Research Institute, Kunming Yunnan 650032 China)

Abstract: A primary estimation of industrial CO₂ emissions in Kunming region was contrasted with different estimate parameters from IPCC and NCCG's 3rd workgroup by the method that was recommended by OECD workgroup based on the statistic data of 2008 from Kunming Municipal Statistical Bureau. The analysis on resources of CO₂ emissions in different industries is conducted as well as the carbon emission intensity in Kunming area.

Key words: industry; CO₂ emissions estimation; Kunming

破解环境保护瓶颈 促进可持续发展

李鹏英

(弥勒县环境保护局, 云南 弥勒 652300)

摘要: 结合工作实际, 对如何在保持经济社会又好又快发展的同时保护好环境, 实现经济社会发展和环境保护“双赢”进行阐述。

关键词: 环境保护; 瓶颈; 可持续发展; 弥勒

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0015-03

弥勒县地处红河州北大门, 全县辖 2 个乡 10 个镇, 总人口近 50 万。近年来, 弥勒县委、政府以三个代表重要思想为指导, 全面贯彻落实科学发展观, 取得了经济社会全面发展与环境保护逐步推进的可喜局面。

如何在保护中发展, 在发展中保护, 促进社会和谐; 如何做好环保工作服务于工业经济健康可持续发展, 做到既要金山银山又要青山绿水; 如何处理好环境保护与工业发展这一对矛盾的对立统一, 做到鱼和熊掌皆得; 如何解决城市与农村环境保护不平衡, 做到统筹发展等是摆在环保工作者面前的重点、难点及热点问题。

1 破解环境保护的瓶颈, 促进经济社会可持续发展的关键是能力建设

全国第六次环保大会的召开、《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》实施、全国节能减排工作会议的召开、七彩云南保护行动的正式启动, 标志着党中央、国务院, 云南省委、省政府把环保工作提到事关改革开放成败的关键、事关社会稳定的关键、事关经济社会可持续发展的关键的重要高度。基层部门如何实现好、发展好、维护好最广大人民群众的根本利益, 确保人民群众对环境的知情权、参与权和决策权, 关键是加强环保工作的能力建设。

能力建设方面, 笔者认为目前存在的主要问题有:

(1) 人员严重不足。弥勒县 4004km² 的国地面积, 50 万人口, 上百家大小企业, 但县环保局才有职工 18 人。其中, 公务员 7 人, 下设 2 个事业单位环境监测站、环境监察大队分别为 6 人和 5 人。目前编制远远不能满足县域内环境管理的需

求。随着经济的发展、群众环保意识的增强, 各类环境污染事件、环境纠纷、环境投诉不断增多, 县环保局的工作处于见子打子的状态, 不能建立有效的环境监管体系。县环境监测站属于环境监测三级站, 只有 4 人, 却要对全县进行环境质量监测、污染源监测、突发性应急监测、建设项目竣工验收监测等, 其工作难度可想而知。按面积计算, 每 667km² 只有 1 名环境监察人员监管, 而目前持排污许可证的污染企业就达 50 多家, 这还不包括对农业环境、自然保护、生态建设等方面的监察, 不包括所承担的大量投诉和信访查处任务, 许多环境监察人员长年累月疲于奔波, 不得不超负荷工作。

(2) 经费严重不足。环境保护是一项系统性工程, 它涉及到工业、农业、养殖业、林业等社会发展的方方面面。没有安装在线监控系统, 就不能时时掌握企业的治污设施运行状态、排污量, 对企业的监管只是停留在一种静态过程中, 达不到很好的效果; 石漠化治理、农村面源污染治理、养殖污染治理、空气质量自动监控系统、饮用水源点水质自动监控系统等需要大量的投入。

(3) 运转不协调。环境部门属于政府的组成部门之一, 它涉及的事情联系着社会的多个部门, 与群众的生产生活息息相关。但现在的管理模式属于条状式管理, 基层环保部门只到县这一级, 乡镇的环境保护就属于空白、盲区。现今, 乡镇企业发展较快, 污染日益严重, 要建立健全运转高效的环境保护的体制, 就必须在象弥阳、新哨、竹园等发展较快的乡镇设置环保办公室、配备相关人员, 承担起本地区的环境保护工作。

2 破解环境保护的瓶颈, 促进经济社会可持续发展的重点是基础设施建设

温总理在全国人代会上对污染减排, 建设环境

友好型、资源节约性社会的讲话语重心长,国家“十一五”规划中明确提出,“十一五”期间单位能耗下降20%、主要污染物要下降10%是一条不可逾越的红线。根据省、州下达的总量削减指标,弥勒县“十一五”期间总量控制指标为二氧化硫1.69万t、化学需氧量0.25万t。通过拆除弥勒县焦化厂年产10万t马槽式萍乡窑、拆除弥勒县冶金建材有限责任公司新哨水泥厂机立窑、关停云南华电集团公司云南巡检司发电厂4×2.5万kW机组、关停磷电公司2台3000t/a黄磷电炉,弥勒县全面完成了二氧化硫的减排任务。

完成化学需氧量减排任务,重点是建设基础设施。2009年12月底,弥勒县先后启动污水处理厂、垃圾处理厂的建设。污水处理厂及配套截污管网工程设计规模2.5万m³/d,采用CASS处理工艺,同时新建配套截污管网88200m,占地面积20010km²,拟投资8520万元。垃圾处理厂设计规模为日处理垃圾220t,有效库容193万m³,占地面积20.06hm²,投资3502.17万元。垃圾处理厂已投入正常运行;污水处理厂由于配套管网不到位以及管理上的一些缺陷,时常处于非正常运行状态。

3 破解环境保护的瓶颈,促进经济社会可持续发展的核心是统筹城乡发展

近年来,农村环境受外来影响越来越严重。大量的城市垃圾下乡到农村,造成了城市包围农村的局面;乡镇企业发展迅猛,但工艺简单、治污设施落后,多数企业不能稳定排放;农村饮用水安全隐患较大,相当一部分群众不能喝上干净的饮用水;农业面源污染形势严峻,过量施用农药、化肥造成土壤板结,大量不能降解的地膜残存在土壤里,造成了白色污染;水土流失加剧,土地石漠化面积扩大等。造成这些情况的原因主要有:①对农村环境重视不够;②农村环境保护宣传不到位;③农村面源污染得不到有效控制;④对农村环境治理经费投入不到位;⑤农村环境保护缺乏统筹规划。

多年来,农村环境保护未引起高度重视。环保工作的重心都放在工业污染防治上,有限的资金都使用在工业污染防治上,农村的环境保护工作处于停滞状态。目前,弥勒县大部分农村处于污水乱流、柴草乱堆、垃圾乱放的无序状态。为此,农村环保工作要和建设社会主义新农村有机结合起来,加大资金投入,以农村环保小康行动计划为契机,

以改水、改路、改厕、改厨、改厩为重点,加大农村环境保护的力度。①以保护花口龙潭集中式饮用水源地为契机,辐射带动饮用水安全保护工作。花口龙潭是县城区集中式饮用水源地,供着城区近十万人的饮用水。2008年编制了《弥勒县集中式饮用水源地保护规划》,按规划要求,县环保局投资120余万元对花口龙潭饮用水源地进行保护建设,保障了弥勒县城镇居民的饮水安全。通过集中式饮用水源地的保护,辐射带动全县农村饮用水安全保护工作。在广大农村,通过建设小水窖、配套管网、取缔水源地附近的污染源等方式加大饮用水安全保护。②开展农村环境综合整治示范工程。争取国家扩大内需资金85万元,对西三镇可邑村开展农村环境整治工作。项目从污水收集、处理,中水回用,垃圾收集、清运、处理,排污管网建设四个方面对村庄的突出环境问题进行综合整治。③以治理西二镇土地石漠化为基点,在全县范围内开展石漠化治理工作。西二镇地处三州四县的交界地,国土面积396km²,人口近4万人。在20世纪80年代中期烤烟生产是主要经济收入,由于发展的局限性,群众对保护森林资源、爱护生存发展的环境意识差,大量的树木被砍伐,用作燃料烘烤烟叶,造成了水流失、土地石漠化严重。如今,西二镇的森林覆盖率仅为8%左右,大量的土地荒废。特别在大冲村委会,晴天风起扬尘高起,就像处在沙漠地带;雨天洪水横流,到处是塌方和泥石流。群众的生活异常贫困。现在大家对环境保护有了新的认识,但为了生活又不得不毁林毁草千方百计扩大农地面积,造成了该地生态系统恶化、几乎处于崩溃状态。解决的办法是投入资金,通过植树造林、还林还草、异地搬迁等方式进行治理。

4 小结

综述以上各类情况,笔者认为,要建设资源节约型、环境友好型,山青、水绿、空气新的福地弥勒,田园之都,保护好生态环境,关键是如何破解环境保护的瓶颈,促进经济社会可持续发展。一是资金投入:省州各级各部门加大对环境保护的投入力度,县级财政每年按高于经济增长点的幅度增加对环保工作的资金投入;二是加大对环保能力建设投入的步伐,特别是队伍建设;三是保证污水处理厂的正常运行;四是加大对区域企业、乡镇、重点行业的宣传力度、培训力度;五是加快对区域生态环境规划的步伐;六是建立高效、快捷的工业企业合作管理部门协调机制。

Solve the Bottleneck of Environmental Protection and Improve Sustainable Development

LI Peng - ying

(Mile Environmental Protection Bureau, Mile Yunnan 652300 China)

Abstract: How to gain win - win situation between economic development and environmental protection was elaborated based on the work practice.

Key words: environmental protection; bottleneck; sustainable development; Mile



《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据 - 数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编，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

浅谈中国排污许可证制度

孙俊峰

(盘龙区环境保护监测站, 云南 昆明 650041)

摘要: 排污许可证制度作为我国环境管理八项基本制度的核心, 虽然已有十余年的推行实践经验, 但还存在污染物排放总量控制基础不牢固, 缺乏相应的实施细则和行政、刑事处罚办法支撑等缺憾。加强环境保护行政管理部门的人员和技术力量, 完善相应的行政、刑事处罚办法和细则, 突出排污许可证制度的核心地位并增强实践经验交流等, 是我国全面推行排污许可证制度并提高管理效率的重要措施和途径。

关键词: 环境保护; 排污许可证; 制度; 总量控制

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0018-03

排污许可证制度(排放污染物许可证制度)是我国环境管理八项基本制度之一, 是指凡是向环境排放污染物的排污单位事先必须向当地环境保护行政主管部门提出申请, 当地政府及环境保护部门以改善环境质量为目标, 以污染物总量控制为基础, 依照相关法律法规的规定, 核定排污单位排放污染物的种类、数量等, 核发排污许可证、临时排污许可证, 排污单位经审批领取许可证后, 按照许可证规定的污染物排放种类、总量和条件排放污染物的制度。

1984年颁布的《中华人民共和国水污染防治法》第14条规定: 直接或间接向水体排放污染物的企业事业单位, 应当按照国务院环境保护部门的规定, 向所在地的环境保护部门申报登记拥有的污染物排放设施、处理设施和正常作业条件下排放污染物的种类、数量和浓度, 并提供防治水污染方面的有关技术资料。这实际上就是排污许可证制度的雏形。1989年召开的第三次全国环境保护会议, 正式把排污许可证制度确定为八项环境管理制度之一。1989年7月, 经国务院批准, 原国家环保总局发布的《中华人民共和国水污染防治法实施细则》第9条规定, 对企业事业单位向水体排放污染物的, 实行排污许可证管理。至此, 水污染物的排放许可证制度基本确立。

1995年国务院发布的《淮河流域水污染防治暂行条例》第19条规定, “淮河流域……持有排污许可证的单位应当保证其排污总量不超过排污许可证规定的排污总量控制指标”。1999年修订的《中华人民共和国海洋环境保护法》规定: 国家建

立并实施重点海域排污总量控制制度。2000年3月, 国务院发布的《中华人民共和国水污染防治法实施细则》第10条规定, 地方环保部门根据总量控制实施方案, 发放水污染物排放许可证。我国开始建立主要以排污总量控制为目的的排污许可证制度。

2005年12月国务院发布《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》, 提出“要实施污染物总量控制制度……推行排污许可证制度, 禁止无证或超总量排污”, 标志着我国开始全面推行排污许可证制度, 进一步规范排污行为。在2006年4月召开的第六次全国环境保护大会上, 温家宝总理在讲话中明确提出“要全面推行排污许可证制度, 加强重点排污企业在线监控, 禁止无证或违章排污”^[1]。尤其在2008年修订的《中华人民共和国水污染防治法》第20条中明确规定“国家实行排污许可制度”, 标志着我国排污许可证制度的发展进入了实质阶段。

云南省早在2001年就颁布、实施了《云南省排放污染物许可证管理办法(试行)》(云环控发[2001]806号), 对排污许可证的申领、审批、核发及管理作出了较为全面、详细的规定, 大大增强了排污许可证制度的操作性和规范性。随即, 昆明市也出台了《昆明市实施排污许可证制度工作方案》, 进一步细化了排污许可证的管理要求和程序。但随着我国经济社会飞速发展与环境承载能力限制之间的矛盾日益尖锐、突出, 和其他已经建立及尚未建立相应“排污许可证制度”实施办法、条例、细则等的省、市一样, 排污许可证制度正在面临前所未有的挑战。

一方面, 污染物总量控制是落实排污许可证制度的依据和基础, 而核发排污许可证则是分解、落实污染物总量控制的主要管理手段。因此, 没有相对准确的污染物控制总量, 排污许可证管理就是闭门造车、自欺欺人。而污染物排放总量控制又必须以极其复杂、抽象的环境容量和生态耐受度为基础, 所以在实际应用中只能根据实际情况, 确定几种主要污染物作为控制指标, 最常见的就是SO₂和COD。某排污企业或单位的污染物排放总量是有资质的环评单位根据该企业或单位的生产规模、工艺、污染治理设施和排污时段等综合因素计算出来的。暂且不论计算的合理性、准确性与代表性, 就日常监管而言, 仅仅依靠每年1~2次的监督性或委托性监测, 显然难以真实反映该企业或单位全年的实际排污总量。这样一来, 要么导致企业或单位承受了过多的排污费用, 要么导致当地环境保护行政主管部门“默许”了该企业或单位的超标排污行为。

另一方面, 排污许可证制度及各地方的实施细则或相同性质的管理条文中, 基本没有相应的行政处罚办法可寻。当有企业或单位违反了排污许可证制度(包括无证排污和超标排污)时, 环境保护行政主管部门只能借助相关法律法规中的法律责任来进行惩戒, 如《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国水污染防治法实施细则》、《环境保护行政处罚办法》等。相应行政甚至刑事处罚办法的缺失, 是排污许可证制度全面推行中的一个硬伤。虽然这在表面上并不太影响排污许可证制度的权威性, 但长此以往却会使污染物总量控制这一基础形同虚设, 甚至是“违法成本低, 守法成本高”的根源。不少违法排污企业或单位正是有意或无意地钻了这一空子, 因为超标排污费甚至罚款往往都远低于超标排污生产所带来的利润, 更不用说那些本就想干“一锤子买卖”而干完就跑的无证排污或非法偷排的无良企业。当然, 这样所带来的无法估量的生态环境损失却必须由当地政府来买单, 由当地一代甚至几代无辜的老百姓来共同承担。最近发生的阳宗海砷污染事件就是典型的例证。

基于以上原因, 排污许可证制度的真正落实和推行至少还要加强两个方面的管理。首先, 《云南省排放污染物许可证管理办法(试行)》的第三条明确规定:“县级以上环境保护行政主管部门会同同级工商行政管理部门对排污许可证实施监督管

理”^[2]。这充分体现和说明工商行政管理部门对企业或单位的排污行为有着义不容辞的管理责任。但由于管理基础和本质的差异, 决定了排污许可证不可能是工商许可证(企业法人营业执照)那样的定性化管理, 而是必须逐步转化为定量化管理, 包括更为科学地计算环境容量和核定污染物排放的种类及数量等, 真正体现出总量控制的科学性和技术性。从技术层面上讲, 在日常管理中加大对排污企业或单位的监测频次, 采取“积分”式监测或在线监测的方式, 是提高控制总量技术性的必要条件。即将实施的《中华人民共和国排污许可证管理条例》(2007年10月征求意见稿)在一定程度上体现了定量化管理, 但从实际管理现状来看, 监测及监察工作人员和设备的缺乏、地区经济社会发展的不平衡和排污企业或单位环保意识的欠缺, 是制约我国排污许可证制度管理工作的主要瓶颈。

其次, 完善相应的行政、刑事处罚办法和细则等, 给予环境保护行政主管部门一定的行政处罚自由裁量权, 并加强对相关环保政策法规的宣教工作, 也是落实排污许可证制度的必要条件。这样, 环保部门在落实排污许可证制度以及进行管理时, 才能做到有法可依和具有针对性, 排污企业或单位也才能深刻认识到持有排污许可证的权利、义务和责任。在对管理与被管理双方起到约束作用的同时, 还能提升排污许可证制度的权威性, 并使排污许可证制度及相关环境管理制度逐渐深入人心, 奠定坚实的群众基础, 这对于巩固和维护我国的环境管理体系具有重大意义。

最后, 要以排污许可证制度为核心, 将“三同时”验收、排污申报登记、总量减排目标责任制、产业结构调整、限期治理、清洁生产强审、排污收费等环境管理制度对企业的环境管理具体要求, 集中通过排污许可证一证管理, 贯穿、衔接起来, 体现全过程管理和长效管理, 使其具有其他管理制度不可替代的作用^[3]。

我国的云南、四川、重庆、上海、江苏、广东、广西等地至今已有十余年排污许可证制度实施和管理的经验。同时, 排污许可证制度作为污染控制法的“支柱”, 已经被许多国家广泛采用, 如美国、日本、法国、瑞典、加拿大等国都已对排放水、大气、噪声污染的行为实行了许可证管理制度。我国台湾地区、香港地区也都实行了排污许可证制度。这些国家和地区的实践经验为我国排污许可证制度的推行和提高管理效率提供了宝贵借鉴。

Brief Talk on System of Emission Permits in China

SUN Jun - feng

(Panlong Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650041 China)

Abstract: The system of emission permits as one of basic eight core systems in China has more than 10 years of experiences. However, there still exist uncontrolled pollutants in total amount control system, and the lack of basic stable corresponding rules and administrative penalty system. To strengthen the personnel and technical capacity in government and improve the relevant administrative measures and rules, criminal penalty with enhancing the core position of the emission permits system together with the exchange of practical experience is the important measure and approach to comprehensively implement emission permits system and improve the management efficiency.

Key words: environmental protection; emission permits; system; total amount control

《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）》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

论陆良县石漠化治理

窦红英

(陆良环境监测站, 云南 陆良 655600)

摘要: 从地质分布情况、地貌特征等方面分析了陆良县岩溶石漠化的特征及现状, 阐述了治理石漠化的必要性, 为陆良县岩溶石漠化的科学治理提出了原则和措施。

关键词: 石漠化; 治理; 陆良县

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0021-03

1 陆良县岩溶区自然情况

1.1 岩溶分布情况

陆良县岩溶面积 1610.24 km², 其中: 中枢镇岩溶面积 17.34 km², 板桥镇岩溶面积 112.85 km², 三岔河镇岩溶面积 78.71 km², 活水乡岩溶面积 243.96 km², 龙海乡岩溶面积 129.45 km², 马街镇岩溶面积 91.69 km², 召夸镇岩溶面积 159.96 km², 大莫古镇岩溶面积 185.31 km², 小百户镇 376.60 km², 芳华镇岩溶面积 178.37 km²。

1.2 自然环境

陆良县属典型的高原山间盆地。东、西、北三面环山, 西南面也有岗丘起伏, 中部是平坦开阔的平坝, 全县形成高原、山地、丘陵、盆地相间分布的地貌特征。陆良县属北亚热带高原季风型冬干夏湿气候区, 光、热、水、土资源较好, 具有冬无严寒, 夏无酷暑, 春暖干旱, 秋凉湿润的特点。适应种植多种粮食作物, 全县森林覆盖率 32.5%。森林类型为半湿性叶林及针叶林, 受人为活动影响, 阔叶林现有面积较少。据 2002 年卫星遥测, 陆良县水土流失面积达 916.95 km², 占总面积的 43.75%, 其中, 中度水土流失面积 590.17 km², 占总面积的 28.16%; 强度水土流失面积 9.91 km², 占总面积 0.47%。土壤侵蚀量每年 282.34 万 t。

2 陆良县石漠化特征及治理现状

2.1 石漠化基本特征

石漠化是指石灰岩岩溶山区脆弱生态系统与人类不合理的社会经济活动相互作用而造成的岩石裸露, 具有类似荒漠景观的土地退化过程。陆良县石漠化面积 781.51 km², 占岩溶面积 1610.24 km² 的 48.53%, 其中: 重度石漠化面积 345.67 km², 中

度石漠化面积 201.24 km², 轻度石漠化面积 234.60 km²。小百户镇石漠化最为严重, 石漠化面积 154.59 km², 其次为活水乡和芳华镇, 石漠化面积达 100.26 km² 和 75.55 km²。

2.2 石漠化的危害

陆良石漠化直接危及全县广大人民群众生存环境: 山区、半山区缺土、缺水, 土地石漠化与水土流失伴生, 导致耕地被侵蚀, 土壤肥力降低, 粮食产量低而不稳; 同时造成地力衰竭, 灌溉面积减少, 人畜饮水困难, 农民生产生活困难。土地石漠化面积的扩大, 还引起水库淤积、河道堵塞、河床抬高, 防洪能力下降造成水旱灾害频繁, 滑坡、泥石流灾害严重, 造成生态环境和生存条件恶化, 严重制约社会经济的发展。

2.3 石漠化的主要成因

(1) 自然因素

自然因素主要包括地质原因和气候原因。石漠化地区丰富的碳酸盐岩极易淋溶风化, 为石漠化提供了物质基础。构造运动通过岩体破裂和变形, 塑造了陡峭而破碎的喀斯特地貌, 由此产生较大地表切割度和地形坡度。此类地形易产生水土流失, 所以构造运动也提供了动力潜能。另外加上地处亚热带温暖湿润的高原季风气候区, 降水集中, 加剧了岩溶的发育和侵蚀, 使其成土速度远远低于流失速度。故形成现实的石漠化地区大面积岩石裸露, 土层薄等生态特征。岩溶地区主要是碳酸盐岩分布区, 地表水容易流失, 成土条件差, 缺水少土使得植被恢复缓慢, 加之雨水集中, 极易导致水土流失, 长期演化便形成石漠化。

(2) 人为因素

石漠化的形成, 除自然原因外, 人为干扰也是主要成因之一。随着人口的剧增, 对自然界的索取

加剧,再加上不合理的土地利用和盲目的工程建设,垦殖指数急增,植被反复遭受破坏,基岩裸露,石砾堆积,加快了石漠化的进程。因此,“人增——耕进——林退——石漠化”,这个循环“怪圈”充分证明了超载的社会经济压力是导致陆良县石漠化最重要的驱动力。

2.4 石漠化发展趋势

由于人口的不断增多,人们为了生存,滥伐森林,粗放耕作,陡坡开垦,过度放牧,采石、采矿等掠夺式的资源开发,造成水土流失加重,使原本脆弱的生态环境难于承受巨大的压力,石漠化现象日益严重。

2.5 石漠化治理现状

近年来,陆良实施了“退耕还林”、“珠防工程”、“国家综合开发”等项目,不同程度地减少了水土流失,改善了生态环境及农业生产基础条件,取得了一定的社会、生态、经济效益。

3 石漠化治理的必要性

(1) 石漠化治理,有利于改善农业生产环境,实现农业可持续发展。

随着全球生态危机的加剧和环保意识的增强,人类在加速经济发展的同时,对保护生态环境重要性的认识有了较大提高,提出了可持续发展战略,建设生态文明。因此,石漠化治理已成为广大人民群众脱贫致富的重要途径。石漠化导致农业生态环境中生物多样性遭到削弱,其不稳定性 and 脆弱性加大,对自然灾害和病虫害抵御能力下降;导致水土流失,植被退化等严重问题。开展石漠化治理,能有效提高耕地肥力,改善土地生产能力,有效促进陆良农业的可持续发展。

(2) 石漠化治理,是有效保护森林的有效途径。

陆良是一个农业大县,全县有林地 76 万 hm^2 ,森林覆盖率达到 22.3%。尽管实施了退耕还林,珠防工程,全县的森林覆盖率有所提高,但有限的森林资源难以得到有效保护,造成森林资源被破坏,植被减少,水土流失加剧,原本和谐的生态失去平衡。因此石漠化治理是有效保护森林,保护生态环境,实现生态与经济共同繁荣的需要。

(3) 石漠化治理,有利于经济和环境的协调发展。

随着“一退三还”(退耕还林、还草、还湖)等项目的不断推进,大力治理石漠化,可以最大限度地发展新型的高效益产业。有利于促进社会经济

生态的和谐发展,更好地维护生态平衡,保护好环境,加速陆良社会经济可持续发展战略的步伐。

4 石漠化治理原则

(1) 耕地保护限制原则。石漠化土地之所以形成,跟开荒、耕种或过度放牧是分不开的,限制耕地的无序扩展是维护土地生态安全的重要保证。

(2) 经济发展原则。生态重建必须从增强当地经济实力出发,只有建立在保障人们生存生活基本要求上的生态重建才具有现实意义和可行性。

(3) 生态优化原则。生态优化是实现持续发展的重要保障,生态优化要长短结合,土地利用与生态保护相结合,实现生态、经济、社会三大效益协调发展。

(4) 坚持因地制宜,山、水、林、田、路、石、草、生态移民等综合治理原则。

5 石漠化治理措施

5.1 生物措施

(1) 自然恢复。据陆良的气候条件,以退耕还林还草措施使生态系统自然恢复。

(2) 人工生物恢复。选择“石生,耐旱,喜钙”的植物因地制宜地种植,封山育林,提高地表植被覆盖率。

5.2 工程措施

(1) 坡改梯。对坡度 $> 25^\circ$ 的重度石漠化地区,通过坡改梯可减轻水土流失、洪涝和干旱的发生。

(2) 建地头水窖。在石漠化地区除了要做到路、沟、池水系配套工程外,还要有蓄水设施,最有效的做法就是建立地头水窖。

(3) 发展沼气。石漠化地区多为山区,生物能源缺乏,发展沼气是解决农村生活能源,减少森林低价值消耗,保护生态环境的有效措施。

5.3 封山育林措施

通过封山育林可提高林木的保存率和成林率,加快现有森林植被的恢复发展,控制水土流失,改善生态环境,是治理石漠化的重要而经济的措施。

5.4 管理措施

(1) 加强法制建设,严格保护。石漠化的防治要从源头抓起,坚持预防为主,科学治理,防止产生新的石漠化土地。

(2) 鼓励造林种草,陡坡耕地退耕还林还草,积极发展农村清洁能源,减少农户对薪材的消耗量。

(3) 保护和增加森林资源。加强现有森林资

源的保护，抓紧森林培育工作，增加资源数量，提 进程。
高森林资源质量以控制水土流失，抑制石漠化

Treatment of Stony Desertification in Luliang

DOU Hong - ying

(Luliang Environmental Monitoring Station, Luliang Yunnan 655600 China)

Abstract: The present situation and characteristics of stony desertification in Luliang were analyzed based on the geological distribution and geomorphic feature. The necessities on stony desertification treatment are pointed out. The scientific principals and measures are put forward.

Key words: stony desertification; treatment; Luliang

云南杞麓湖生态脆弱因素分析

董云仙¹, 刘宇², 李荫玺², 张汝贵³

(1. 云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034;

2. 玉溪市环境科学研究所, 云南玉溪 653100; 3. 玉溪市环境保护局, 云南玉溪 653100)

摘要:分析了云南杞麓湖自然生态脆弱因素、湖泊生态脆弱因素、河流生态脆弱因素、森林生态脆弱因素和农田生态脆弱因素,探讨了杞麓湖生态脆弱的成因,提出了对策建议。

关键词:生态脆弱; 因素; 分析; 对策; 杞麓湖

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0024-06

杞麓湖流域位于云南省通海县东北部,东经 $102^{\circ}33'48'' \sim 102^{\circ}52'36''$,北纬 $24^{\circ}04'36'' \sim 24^{\circ}14'02''$,流域面积 354.2 km^2 ,湖泊东西长 10.4 km ,南北宽 3.5 km 。当湖面海拔 1796.0 m 时,湖面积 37.26 km^2 ,湖岸线长 32 km ,最大水深 6.8 m ,平均水深 4.0 m ,容积 1.676 亿 m^3 。杞麓湖流域地处北回归线附近,属于全球生态脆弱区,对杞麓湖生态脆弱因素及其成因的研究分析,是推进生态文明建设,进行杞麓湖环境整治与生态建设的基础工作,也可为同类湖泊提供参考。

1 杞麓湖生态脆弱因素分析

1.1 自然生态脆弱因素

(1) 自然生态在空间上呈环状分布,系统高度封闭,先天脆弱

杞麓湖流域是一个典型的高原封闭型湖泊盆地,四周群山环抱,海拔高程多在 $1979 \sim 2100 \text{ m}$,最高为西部的螺峰山,海拔 2441 m ;中部地形平坦,平坝区主要分布在湖泊的南、西、北三面,面积约 100 km^2 ,农田土壤肥沃,是通海县粮食和经济作物的主要产区;最低处湖体近似一个西东向平行四边形,面积 37.26 km^2 ,容积 1.676 亿 m^3 ,最大水深 6.8 m 。整个流域没有大的开口与外部环境相通,在这种封闭的空间下,所有物质都呈向心型单向流动,绝大多数物质生物地球化学循环最终的归宿都是湖体,因此,杞麓湖生态先天就比较脆弱。

(2) 杞麓湖处于流域最低位置,是流域一切污染物的积聚地

随着人口增长,流域生态破坏逐渐显现,因植

被破坏,山地物质因水土流失加速向湖泊搬运,入湖河流、沟渠穿过人口密集的城镇,沿途接纳工农业生产和居民生活污水,携带大量污染物最终流入杞麓湖。根据最新调查,年进入杞麓湖的COD、TN、TP负荷分别为 3955.45 t 、 932.5 t 和 47.67 t ,所进入的物质能被因捕获鱼类带出湖体的量极其有限,绝大部分污染物滞留在湖内,造成系统物质循环失衡,使生态系统处于脆弱状态。

(3) 流域地势高于相邻区域,水资源短缺

杞麓湖流域地势高于相邻区域,为一悬挂式湖泊,水资源的来源仅靠降雨径流补给,无外部引水可济,杞麓湖径流面积小,补给量十分有限。流域内人均占有水资源量 485 m^3 ,仅为全国的 $1/7$,全省的 $1/20$,流域多年平均缺水 800 多万 m^3 ,属水资源紧缺地区。另一方面,降水量在时间分布上极不均匀,全年 53.3% 的雨量集中在 $6 \sim 8$ 月,近半个世纪以来,山地森林水源涵养能力降低,坝区农业生产往往是旱季缺水灌溉、雨季水涝成灾,生态环境用水不能得到有效保障。

(4) 湖泊自然演化已经进入老年化阶段,自我调节能力降低

据史料记载,元代(公元1282年),杞麓湖发育鼎盛时期,湖面积达 109 km^2 ,水深约 17 m ,容积 16.3 亿 m^3 。按照湖泊发生发展规律,杞麓湖已经演化成为典型的高原浅水湖泊,淤泥在整个湖床都有分布,湖盆变浅,蓄水水量减少,进入老龄化阶段。由于近现代以来多次放水造田、蚕食湖体,加上水土流失、工业废水、生活污水和农田灌溉向湖体输入物质大量增加,更加速了杞麓湖老化速度,生态系统自我调节能力进一步衰退。

1.2 社会经济活动加剧了生态脆弱性

(1) 人口密集, 环境压力持续增加

杞麓湖流域是通海县政治、经济和文化中心, 流域内有秀山镇、河西镇、四街镇、九街镇、杨广镇、纳古镇及兴蒙乡 6 镇 1 乡, 53 个村委会, 284 个自然村。总人口达 26.62 万人, 占全县总人口的 89.87%, 人口密度为 767 人/km², 是云南九大高原湖泊中人口最密集的流域之一。密集的人口对环境造成的压力持续增加, 而且, 随着城市化进程提速, 湖泊面临的环境压力将进一步增大。

杞麓湖流域频繁的生产生活活动, 使人为干扰面积不断扩大。目前的土地利用中, 耕地总面积 163.75km², 占流域总面积的 46.21%; 农村居民点面积 22.93km², 占流域总面积的 6.47%; 城镇居民点面积 5.97km², 占流域总面积的 1.69%; 其它工业用地面积 4.77km², 占流域总面积的 1.35%; 人类强烈干扰区域占流域总面积的 55.72%, 而且, 干扰强度极高, 如蔬菜种植, 同一地块年种植 6~10 茬之多。

(2) 流域经济发展所带来的污染物排放超过了环境容纳能力

杞麓湖流域经济是通海县社会经济发展的主体, 第一产业主要以蔬菜等经济作物种植为主, 养殖业兴旺发达; 第二产业轻工业较发达, 已经形成以五金机电、彩印包装、食品加工等为主导产业的经济产业; 第三产业主要以批发零售、交通运输、仓储及邮政、房地产、金融保险和旅游业为主。但是, 总体来看, 产业结构和技术经济仍处于较低层次的发展水平, 粗放的发展模式对资源利用效率低下, 短时期内污染物排放量的急剧增加超过了环境容纳能力。根据《杞麓湖流域入湖污染负荷调查报告》, 流域内年污染负荷产生量高达 2337.59 万 t/a, 其中, COD 产生量 37800.04t/a; TN 产生量 4013.02t/a; TP 产生量 646.3t/a。由此造成了整个流域污染问题凸现, 水环境普遍受到严重污染。

(3) 工业污染类型多, 布局不合理

杞麓湖流域工业企业 1963 家, 废水产生的主要行业包括黑色金属冶炼及压延加工业、造纸及纸制品业、化学原料及化学制品制造业、金属制品业、电气机械及器材制造业。污染源类型多, 由于历史原因, 布局上存在较多问题, 结构性污染突出。虽然相继关闭了 10 户小造纸、小镀锌企业, 并在 9 户企业推行了清洁生产, 部分企业实现了零排放, 但仍有众多的小型分散企业污水未经有效治

理直接排放, 亟待工业整顿、搬迁与集中治理。

(4) 生活废水和生活垃圾工程处理设施建设严重滞后, 污染物直接排放进入环境

流域内截污治污体系建设十分滞后。城镇生活污水治理方面, 目前只有通海县城市污水处理厂能够正常运行, 污水处理厂服务面积 6.25km², 但仅能收集 60% 的县城污水, 而且是通过截流雨污合流制的生活污水。在夏季由于大量雨水和农田排水进入到污水处理厂, 导致水厂中有机物浓度远远低于一般污水厂要求的浓度, 从而严重影响了污水处理厂的处理能力。除此以外, 流域广大地区的城镇和村落生活污水未采取有效措施加以控制, 直接排放污染环境。

通过多年建设, 流域内 77.15% 的城镇生活垃圾集中收集, 运往垃圾填埋场进行处理, 但垃圾没有进行分拣, 建筑垃圾、生活垃圾以及农业垃圾等混合堆放, 仅此一块就需要许多工作加以完善。据统计资料, 杞麓湖流域内已建垃圾池 653 个, 收集了部分村落垃圾, 但大量的农村生活垃圾缺乏有效的收集清运措施, 农村居民生活垃圾随意倾倒现象普遍; 农业生产过程中产生的废弃蔬菜根叶缺乏有效的处理处置方式, 大量堆放在河道、湖岸, 导致河道淤塞, 增加了入湖污染负荷; 河流区主要污染物均集中在雨季随降雨径流大量汇入河流, 最后进入湖泊。无论是湖周、坝区和半山区, 整个杞麓湖流域水体因接纳过量的工业废水、生活污水、农田菜地废水、集中养殖厂废水而遭到严重污染。亟需推进环境保护基础设施建设速度, 大力削减污染物。

1.3 水生态系统脆弱因素

1.3.1 湖泊生态系统脆弱因素

(1) 湖泊水质长期处于劣 V 类, 水体生境恶劣, 影响生物生长

自 20 世纪 80 年代中后期以来, 杞麓湖水质污染和富营养化程度日趋加重, 水质终年处于劣 V 类, 其特征是氮污染、有机污染突出。“八五”以来, 通过工程和非工程措施综合治理, 水质污染和湖泊富营养化还是十分严重, 没有发生明显好转的迹象, 长期劣 V 类的湖泊水质条件, 对生物生长十分不利。

(2) 水陆交错带生境遭到破坏, 给水生生态系统带来一系列不良影响

水陆交错带是流域陆生生态至湖泊水生生态的生态过渡带, 对于维护陆生生态系统和水生生态系

统稳定性起着十分重要的作用。由于历史上错误的政策导向和错误的开发利用行为,杞麓湖水陆交错带生境破坏尤其严重,防浪堤、农田、鱼塘、房屋及酒店修建造造成水陆交错带生境异质性下降,高等植物分布面积锐减,群落多样性下降,物种多样性流失,自然净化等环境功能丧失,给水生生态系统带来一系列不良影响。

(3) 水生植被发生重大变迁,造成杞麓湖生态十分脆弱

杞麓湖形成以来,经过漫长的历史演化,形成了多样化的植物群落和种类繁多的动植物资源,直至20世纪70年代,杞麓湖水生植物种类丰富,有17科39种之多,主要群落类型有茭草群落、满江红-槐叶萍群落、苔菜群落、水膏药群落、狐尾藻群落、马来眼子菜群落、轮藻群落、苦草群落、穿叶眼子菜群落及海菜花群落10种,而且植物群落密度大,挺水植物-湿生植物-沉水植物生态过渡结构完整,植被分布面积达到湖泊水面的70%。

目前,杞麓湖生态结构发生了重大变迁,原有水生植物群落基本消亡,取而代之的是水葫芦大量生长。近年来在4条入湖河口(红旗河、中河、大新河、者湾河)处开展生态修复工程和水生植物试验,引入的物种有:芦苇、水葱、荷花、睡莲、稗、慈姑、芋头、水蓼、菱角、水花生、水芹等。自然残存的挺水植物芦苇、茭草分布在云龙村、镇海营村段,北岸有少量间断分布,但已不呈群落形式存在;沉水植物有竹叶眼子菜、红线草、狐尾藻、伊乐藻、金鱼藻、菹草6种,以耐污种红线草为优势种,全湖密度普遍较低,平均生物量 $0.16\text{kg}/\text{m}^2$;现有水生植物种类18种,其中,10种是人工引入的外来物种,水葫芦、水花生、伊乐藻还被列入恶性外来物种。比较20世纪70年代,植物物种数减少21种,群落结构由复杂多样变成十分简单,分布面积由占全湖面积的70%变成零星、狭小,生态系统主要生态特征发生了彻底改观,水生生态系统内广泛的物质交流与信息联系不复存在,反馈调节机制弱,杞麓湖生态更加敏感和不稳定。

(4) 系统物质循环短路,生态结构稳定性差

在正常的湖泊中,湖泊初级生产力包括大型水生植物、浮游植物、附着和底栖藻类、光合细菌等类群,次级消费者有浮游动物(包括原生动物、轮虫、枝角类、桡足类)、底栖生物,鱼类、水禽则处于食物链的顶端,它们以网状食物链相连,相

互依存、相互制约,形成一个良性的湖泊生态系统。但是,一旦环境压力超出湖泊生态系统的自我调节能力,系统首先发生偏移,表现在初级生产力上,或水草疯长,沼泽化加速;或浮游植物疯长,爆发蓝藻水华。杞麓湖凤眼莲滋生,藻类生物量大,蓝藻成为优势类群,枝角类、桡足类、底栖生物等敏感生物因不适应变化的环境消亡,物质和能量不能通过食物链进行有效转化,系统物质循环短路,大量凤眼莲和蓝藻生长、衰老、死亡、分解,改变水体物理、化学、生物环境,系统生态结构稳定性差。

(5) 土著鱼类种群为外来物种替代,鱼类小型化严重

杞麓湖原有鱼类区系的种类组成为:杞麓鲤、大头鲤、云南鲤、翘嘴鲤、鲫鱼、泥鳅、杞麓白鱼、黄鳝、鲶鱼、乌鳢等10种土著鱼类,其中大头鲤的产量占总产量的30%。1964年开始人工引入外来物种,投放的鱼类种类有鲤鱼、鲫鱼、青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼、中华鲟、麦穗鱼等。目前,杞麓湖的土著经济鱼类,如大头鲤几乎绝迹,泥鳅、黄鳝偶见于渔获物中,鲫鱼还现存有一定数量。渔获物中外来物种占了绝大多数,经济鱼类以鲤鱼、鲫鱼、鲢鱼、鳙鱼为主,中华鲟、麦穗鱼等小型鱼类个体数量庞大。杞麓湖土著鱼类种群已被外来物种替代,而且,外来鱼类分布于湖泊的沿岸浅水区、深水区中下层或敞水区中上层,呈现出连续分布的格局,占据了所有生态空间。

1.3.2 河流水生态系统脆弱因素

杞麓湖流域主要入湖河流有红旗河、者湾河、大新河和中河4条比较大的河流,河流水生态系统脆弱因素分述如下:

(1) 红旗河

红旗河位于杞麓湖西岸,发源于河西镇甸苴坝水库,来水主要是甸苴坝水库和沿程的泉水,全长22.7km,径流区面积 174.21km^2 ,四季常流,年平均径流 $4046\text{万}\text{m}^3$,占杞麓湖入湖水量的49%,为杞麓湖最大入湖河流。途径河西、兴蒙、四街、九街和秀山5个乡镇,29个村委会。其中河西镇、九街镇、兴蒙乡2镇1乡的政府所在地,人口居住集中,流域以种植蔬菜和养猪为主。红旗河上游河段受到村落及水库养殖污染,水质下降(V类),经汉邑村后受生活污水及农田回灌水影响,水质恶化(劣V类),沿程直至入杞麓湖污染越来越严重。水环境的污染造成生态环境恶化,敏感生物消

失；流域水土流失导致泥沙等污染物排入河流，造成河床升高，河流蓄洪能力减退，旱涝频繁；由于泥沙的淤积，河道结构发生变化，生物栖息地发生改变，有些生物的食物链因此中断，生态结构趋向简单化，生物多样性受到极大冲击，而一些恶性外来物种，如水葫芦，生长蔓延进一步恶化环境。现阶段，红旗河仅存调节气候和农业灌溉功能，其余功能基本丧失殆尽。

(2) 中河

中河位于杞麓湖南岸，发源于秀山，流域面积 31.28km^2 ，全长 4.9km ，多年平均径流量 $759\text{万}\text{m}^3$ ，流域内有李家营、秀山镇、六一村委会、大树村委会、万家村委会、黄龙村委会，共1镇4村委会，总计人口 65745 人，也是以种植蔬菜和养猪为特点。在进入秀山镇前为河道较窄的山间小沟，进入秀山镇后为暗河，长度约 1.5km ；出秀山镇后的长度约为 2km ，河道宽约 5m ，由于熙苑宾馆的生活和餐饮废水的直排，导致下游水质变差，生态环境恶化，特别是下游，水质感官较差，水体黑臭。河口有约 20hm^2 的湿地，由于后续管理跟不上，除少量生长的茭草、芦苇外，目前长满水葫芦。该河河流淤塞填高严重，入湖口近 1km 的河道为悬河，为防止湖水倒灌，有水闸控制。灌溉季节，湖水泵入河道，暴雨季节，河道水入湖。

(3) 大新河

大新河位于杞麓湖南岸，发源于五埝山，流域面积 57.22km^2 ，全长 11.6km ，年径流量为 $674\text{万}\text{m}^3$ ，属于季节性河流。大新河流经五埝山村委会、大新村委会、古城村委会、云龙村委会、杨广村委会等7个村委会，流域范围内人口 34915 人，也是以种植蔬菜和养猪为特点。大新河上游来水主要来源于台家山水库及东华山泉水，台家山水库为小一型水库，蓄水量为 $126\text{万}\text{m}^3$ ，水质下降为Ⅳ类；东华山水体已经受到污染（Ⅴ类水质），主要超标因子均为TN。大新河大新至云龙村委会段人口密集，多数居民沿河而居，生活污水直接排放进入河道，水质恶化为劣Ⅴ类，淤塞填高严重。入湖口段河宽 6m 左右，堤岸形式为硬质堤岸，独房子村下游河道水面与湖面相平，水体乌黑（劣Ⅴ类），生态遭到严重破坏，河口目前有一块湿地，湿地中水葫芦大量生长。该河除尚可用于农灌外，其余生态功能基本丧失。

(4) 者湾河

者湾河位于杞麓湖西岸，全长 8.3km ，流域面

积约 47.66km^2 ，年径流量为 $506\text{万}\text{m}^3$ ，为季节性河流。者湾河发源于文碧山西麓，流经四街村委会、者湾村委会、十街村委会、大营村委会、龚杨村委会、七街村委会6个村委会，人口共 21758 人，蔬菜、花卉种植面积较大。上游有密冲河水库、撒密蚌水库等，属季节性调蓄水库。者湾河河流水质沿程均为劣Ⅴ类，中下游河段超标严重。撒密蚌水库水质受上游农田、村庄、水土流失影响，水质较差。从汉邑至入湖河口，由于附近村落、乡镇的生活废水、农田废水等汇入，河流水质继续恶化，生态功能基本丧失。

(5) 其它入湖河流

十里沙沟、二街沙沟、姜家冲沟、落水洞大沟、秀山沟、赵家大沟、六一牛角坝大沟、长河大沟、二街沙沟、姜家冲沟、大桥沟等10余条季节性小河，分别由湖泊四周入湖，年均径流入湖量总计 $1231.9\text{万}\text{m}^3$ ，占整个流域年均径流入湖量的 14.4% 。上述入湖河流和灌溉水质普遍较差，大多为劣Ⅴ类水质，资源型缺水与水质型缺水并存，严重影响生态条件。

1.4 陆域生态系统脆弱因素

1.4.1 森林生态系统脆弱因素

(1) 地处全球生态脆弱区，人为干扰容易导致生态环境向恶化方向发展

杞麓湖流域地处北回归线附近，属于全球生态脆弱区，虽然流域内沟壑纵横，地形复杂，地域间气温、降雨、湿度、土质等差异较大，生境类型多，植被类型也多种多样，但是，容易在人类过度干扰破坏下向旱生化和生态环境恶化方向发展。目前，杞麓湖原生植被仅存于秀山公园，湖盆周边坡度较大的山体上部的森林都为次生林，近山森林分布更少，半湿润常绿阔叶林总面积 1321.03hm^2 ，占流域总面积的 3.65% ，流域植被向旱生化方向发展。

(2) 森林覆盖率低，而且分布不均

整个流域森林覆盖率仅为 32.7% （含灌木林），且分布不均，林地主要分布在坡度较大的远山和保护区内，近山、面山植被稀少，森林覆盖率低下，不能有效保护流域生态，也不能有效保护湖泊。

(3) 林分质量差，中低产林面积大

由于长期以来人类的强烈干扰，流域原生植被加上涵养水源能力较强的半湿润常绿阔叶灌丛、华山松林、云南松林，面积也只有 6576.10hm^2 ，占

流域总面积的 18.18%。对于悬挂式杞麓湖流域，增强森林植被水源涵养能力将是一个长期而艰巨的任务。现存植被中，中幼龄林多，成熟林少，植物种类单一，结构简单，单位面积蓄积量低，人均活立木蓄积量为 6.6m^3 ，低于全国 (9m^3)、云南省 (32.2m^3)、玉溪市 (15.3m^3) 平均水平。

(4) 水土流失较为严重

杞麓湖流域是云南省内水土流失较为严重的六大区域之一，水土流失面积达 135.1km^2 ，占流域面积的 38.14%。其中轻度流失面积 112.41km^2 ，占侵蚀总面积的 83.19%；中度流失面积 22.63km^2 ，占侵蚀总面积的 16.75%；强度流失面积 0.08km^2 ，占侵蚀总面积的 0.06%。年平均侵蚀总量 25.40 万 t，平均侵蚀模数为 $1107.83\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ，每年约 11.2 万 t 泥沙进入杞麓湖。水土流失较为严重的区域集中在杞麓湖西岸的大沙河、者湾河、琉璃河、五街冲、窑冲河、长沙河等小流域。

1.4.2 农田生态系统脆弱因素

(1) 化肥施用过量，造成环境污染

流域坝区主要种植白菜、花菜、莴笋、大蒜、洋葱、芹菜、铁头白等蔬菜作物，基本不种植水稻和烤烟；山区以烤烟、玉米、辣椒、小麦、萝卜、菜豌豆、油菜及蚕豆种植为主；半山区的种植结构介于坝区及山区之间，总体上种植蔬菜较多。流域区农业种植普遍使用化肥，据调查，每亩烤烟约施用复合肥 750kg、普钙 50kg、氢铵 30kg；莴笋的化肥施用量达到每亩每季施复合肥 200kg、尿素 160kg、普钙 100kg、硫酸钾 160kg；花菜的化肥施用量达到每亩每季施复合肥 150kg、尿素 120kg、普钙 50kg、氢铵 80kg；白菜的化肥施用量达到每亩每季施复合肥 100kg、尿素 80kg、普钙 50kg、氢铵 40kg。每逢降雨，大量的化肥流失成为流域区主要污染因素之一。

(2) 农业生产严重依赖农药，威胁生态安全

杞麓湖流域农药的施用种类多、数量大。农药种类分为杀虫剂和杀菌剂，主要包括毒虫丁、百树得、吉麻、三唑酮、阿维菌素、多菌灵、苯醚甲环唑、潜危、金潜、百菌清等。农药的施用量最近几年呈现逐年递增的趋势，目前已接近 300t，在一个作物生长周期内，杀虫剂和杀菌剂的使用频率明显增高。一般情况下，每个作物生长周期的农药使用次数为：芹菜 10 次以上；洋葱 7~8 次；大蒜 5~6 次；白菜 6~7 次；花菜 5~6 次；莴笋 6~7 次；烤烟 7~8 次；小麦 5~6 次；玉米 2~3 次；油菜 3

~4 次。但在干旱严重的年份，作物生长周期，芹菜可达 1 天使用 1 次，白菜和辣椒可达每周使用 1 次，莴笋和花菜的农药使用次数也高到 25 次。如此大规模和频繁使用农药，对生态安全形成了严重威胁。

(3) 具有较高的污染负荷强度的蔬菜种植面积大

据《通海县志》记载，该区域蔬菜种植已有 2000 多 a 的历史，规模化种植始发于 20 世纪 80 年代。1998 年，通海县进行了农业结构的重大调整，把蔬菜作为新的支柱产业来抓。2000 年通海县把发展无公害、精细蔬菜生产作为全县蔬菜产业的工作重点，提出了“出口菜，创汇菜”的发展思路。2004 年通海县被列入云南省 16 个无公害蔬菜行动计划示范县之一，蔬菜生产规模不断扩大。至 2009 年，全县蔬菜播种面积 19.25 万亩，总产 55.22 万 t，产值 4.6 亿万元。蔬菜产值占农业总产值的 35.7%，占种植业产值的 69.1%。在 2010 年 10 月《杞麓湖流域入湖污染负荷调查》中发现，蔬菜种植区是所有农田中污染负荷最高的区域。如湖泊西南部主要蔬菜主产区，该区地处湖滨带，地势高于湖泊水面，农业退水直接通过泵站抽入湖泊，该片区面积仅为全流域面积的 6.78%，为入湖河流区面积的 9.28%。但核算结果表明，该片区单位面积的入湖污染负荷强度为全流域内之冠，达到 TN $17.20\text{t}/\text{km}^2$ 、TP $0.45\text{t}/\text{km}^2$ 、 COD_{Cr} $54.33\text{t}/\text{km}^2$ ，比较污染较为严重的入湖河流区单位面积的入湖污染强度 (TN $1.76\text{t}/\text{km}^2$ 、TP $0.12\text{t}/\text{km}^2$ 、 COD_{Cr} $9.84\text{t}/\text{km}^2$)，TN、TP、 COD_{Cr} 分别高出 8.8 倍、2.8 倍和 4.5 倍。

(4) 农业废弃物资源化利用水平低

受过去粗放的农业生产方式影响，农田废弃物处置十分随意，被农民堆放于田间、地头、河流、沟渠、道路两旁。落后的处置方式既影响景观，又造成农业生态环境污染，还污染河流水系，最后终将积累于杞麓湖。据统计，杞麓湖流域丢弃的菜叶有 38 万 t/a。目前，农田废弃菜叶主要通过田间沤肥池、做为畜禽养殖饲料、运往垃圾填埋场 3 种方式进行处理，至今通海县已建设了 3930 口沤肥池，但每年丢弃的菜叶的污染，仍有 2836.89~3782.52t 的有机质，144.15~192.20t 的 TN，15.28~20.37t 的 TP 进入杞麓湖。

1.5 生态系统服务功能退化

历史以来，杞麓湖具有调节气候、生活用水、

工业用水、农业灌溉、调蓄、防洪、航运、旅游、水产养殖等多种综合功能。但是,近20a来,杞麓湖水质已不适用于生活饮用水源,失去了其生活用水的功能。随着湖盆区不断淤积,容量减少,调蓄、防洪能力也不断降低。目前杞麓湖总耗水量中,农业用水约占45.8%,湖面蒸发约占45.0%,实际上多发挥了调节气候和农业灌溉的作用,调蓄、防洪、航运、旅游、水产养殖功能均受到不同程度的损害,生态服务功能退化。

2 生态脆弱成因分析

杞麓湖流域生态脆弱与流域区自然、社会、经济紧密联系,是自然生态条件、生产生活活动和历史发展过程相互联系和相互作用的结果。

杞麓湖流域自然生态在空间上呈环状分布,系统高度封闭,而且,流域地势高于相邻区域,水资源贫乏。湖泊无明显出水口,水体不能进行有效交换,生态系统自我恢复和自我维持能力较差,对不良干扰反应敏感。因此,先天条件就决定了杞麓湖流域生态系统是一个脆弱的生态系统。

近现代以来,人类长期向自然索取,砍伐树木、围湖造田等资源过度利用和生态破坏行为叠加在脆弱的生态背景上,人类活动的各种不良影响后果迅速渗透到杞麓湖全流域生态系统的各个方面,原来良性循环的生态结构遭受破坏,改变了生态系统物质循环和能量转递过程,生态系统自我修复能力极大丧失,人类行为上升为生态环境脆弱演变的主导力量。20世纪80年代以来,随着国家国民经济的快速发展,杞麓湖流域工农业产值持续增长,国民生产总值的逐年递增,在给流域带来经济效益的同时,也带来了对生态和环境前所未有的巨大压力。与此同时,环境保护基础设施建设严重滞后,污染物大量排放污染环境,短时期内急剧增加的污染物又成为生态脆弱的直接驱动力。目前,杞麓湖

流域河流水系、湖泊水体污染严重,水体自净能力极度衰退,恶劣的水体环境严重影响生态系统结构的稳定性,制约生态服务功能的正常发挥,又成为生态脆弱的加速驱动力。总之,杞麓湖流域生态脆弱是自然生态因素和人类短期经济行为影响的叠加结果。

3 对策建议

(1) 提高发展质量,源头控制环境污染物的产生;

(2) 推进环境保护基础设施建设,大力削减污染物;

(3) 调整工业布局,加快建设工业生态园;

(4) 积极开展全流域生态修复,重点修复水陆交错带生态、湖泊生态、河流生态与近面山、面山生态;

(5) 发展农业循环经济,提高农业废弃物资源化利用水平;

(6) 大力推广农业节水灌溉技术,重点发展喷灌、微灌和滴灌技术;

(7) 开展农业科技攻关,研究和发环境友好的新型农业生产技术,制定和执行通海杞麓湖流域限定性农业生产技术标准体系,规定农田作物类型、施肥量、施肥时期、肥料品种、施肥方式、病虫害生物防治等,并配套奖惩政策与措施,科学施用农药化肥,确保农业生产“优质、高效”;

(8) 开展杞麓湖流域脆弱生态系统的全面调查研究,进一步探索生态环境脆弱的原因,加强生态环境形成机制、演化规律及发展趋势研究,加强脆弱生态系统结构及承载能力研究,加强生态脆弱性评价体系及监测系统的研究,为制定基于承载力的经济社会发展规划和环境保护政策措施提供科学依据。

Analysis on Factors of Ecological Vulnerability of Qilu Lake in Yunnan Province

DONG Yun-xian¹, LIU Yu², LI Yin-xi², ZHANG Ru-gui³

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

Abstract: The factors of natural ecological vulnerability of Qilu lake were analyzed as well as lake ecosystem and rivers ecosystem and forest ecosystem and agricultural ecosystem. The main reasons were put forward, based on which, suggestions were pointed out.

Key words: ecological vulnerability; factor; analysis; countermeasure; Qilu lake

抚仙湖流域社会经济发展与环境压力分析

王林¹, 刘宇², 祁云宽², 唐金焰²

(1. 玉溪师范学院资源环境学院, 云南 玉溪 653100; 2. 玉溪市环境科学研究所, 云南 玉溪 653100)

摘要: 对抚仙湖流域近 20a 社会经济发展进行了调查, 结果显示: 人均 GDP 增长了近 20 倍, 人口密度比重增长 6.9 个百分点, 城镇用地比重增加 1.6 个百分点, 耕地比重减少了 1.41 个百分点, 化肥用量增加了近 1 倍。揭示出流域社会经济的快速发展使区域环境承载力逐渐下降, 抚仙湖面临极大的环境压力。

关键词: 经济发展; 环境压力; 调查; 分析; 抚仙湖

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0030-03

1 调查研究方法

对抚仙湖径流区域 1988~2009 年的社会经济、人口、耕地、农村生活及农业生产发展进行系统调查。资料收集来源于乡镇各村委会统计年鉴, 将各年度统计年鉴统计分析。

2 结果与讨论

2.1 流域社会经济发展趋势

经调查, 近 20a 来, 抚仙湖流域内人均 GDP 已由 1988 年的 935 元/人上升到 2009 年的 18665 元/人, 增长近 20 倍, 流域人均 GDP 现价产值增长趋势充分证明了流域内社会经济发展迅速, 特别是“十一五”期间更为突出, 详见图 1。

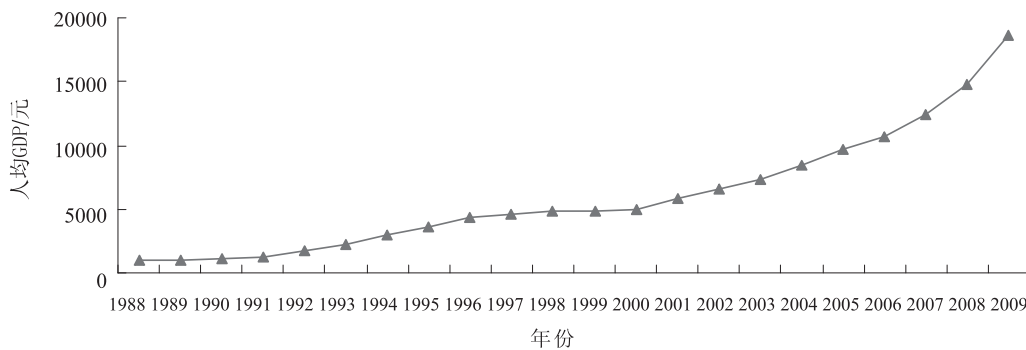


图1 抚仙湖流域人均 GDP 趋势图

2.2 流域人口发展趋势

1988 年抚仙湖流域总人口数为 130038 人, 2009 年抚仙湖流域总人口数为 161902 人, 流域内的总人口密度由 193 人/km² 增加到 240 人/km²。抚仙湖流域的总人口密度呈现上升趋势, 20a 间平均每平方公里增加了 47 人, 人类的生活、生产活动对抚仙湖的干扰在逐年递增, 详见图 2。

2.3 流域土地资源变化

城镇用地面积由 1988 年的 5.89km² 增长到

2009 年的 16.69 km², 城镇用地比重增加 1.6 个百分点。耕地面积由 1988 年的 97133 亩减少到 2009 年 82860 亩, 耕地比重减少 1.4 个百分点。土地利用情况出现城镇用地面积逐年增加, 耕地面积逐年递减的趋势, 详见图 3。

2.4 流域环境变化

受流域经济增长、工农业及旅游业快速发展的影响, 抚仙湖生态环境保护和发展全面奔小康目标之间存在着难以协调的矛盾。目前, 抚仙湖流域污染源主要是农业、农村污染, 城镇生活污染

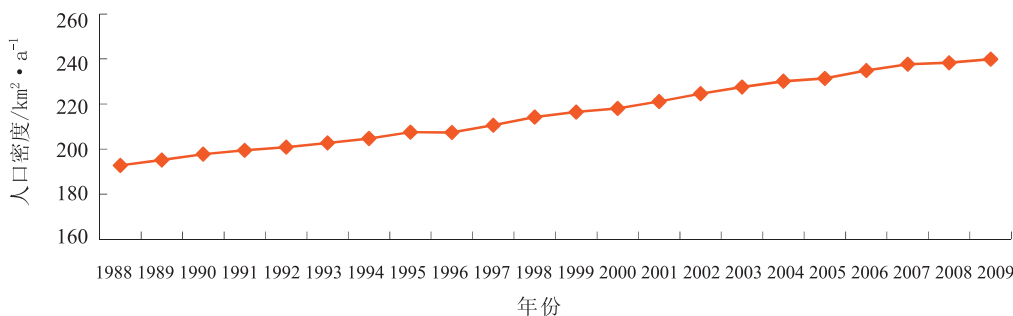


图2 抚仙湖流域人口密度变化图

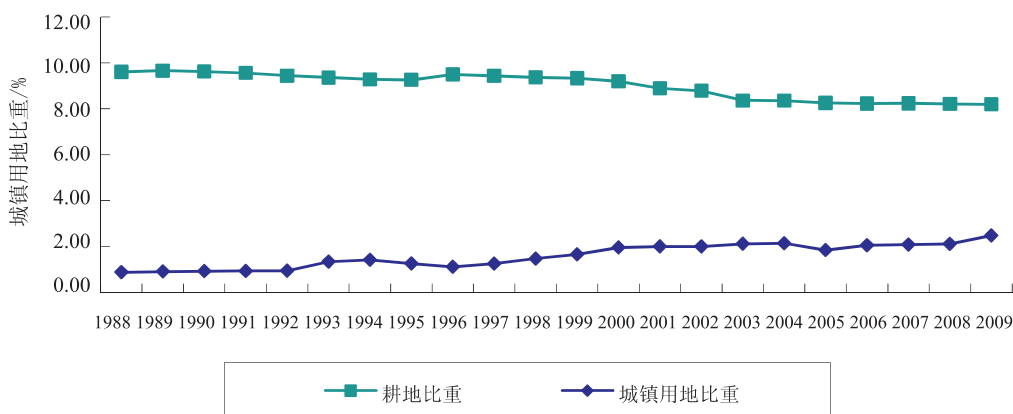


图3 抚仙湖流域用地比重变化图

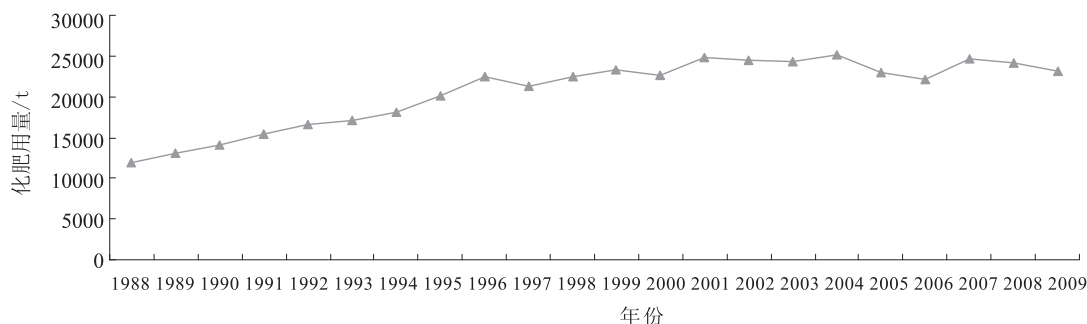


图4 1988年~2009年抚仙湖流域农业化肥施用总量变化图

源及旅游餐饮污染等。20a来流域污染源调查结果显示,流域内农业化肥的使用量总体上逐年上升,从1988年的1.18万t上升到2.31万t,20a间化肥用量增加了近1倍(见图4)。流域内污染源排放量随着社会经济发展呈增长趋势,详见图5。

3 结论与建议

3.1 流域社会压力逐年增大

随着流域内人口的增多,人类对抚仙湖资源的开发利用及一些重大建设项目的实施,流域国民经济快速发展,同时资源环境压力上升^[1],导致流域内环境承载负荷超载,对抚仙湖水生态环境造成

不安全隐患。

3.2 流域环境压力逐年增大

抚仙湖流域内产业结构目前还处于初级阶段,技术经济仍处于较低端的发展水平。流域三产结构中农业比重过高,二、三产业偏低。农业以高污染经济作物为主,工业以磷化工为主,第三产业则以粗放式旅游为主,且仍在习惯性蔓延,造成单位产值的污染物产生量过高,最终导致污染压力超过湖泊承载力。抚仙湖一旦被污染,若想遏制和恢复就要在时间和经济上付出惨重的代价,而且一些生态环境是难以逆转、无法修复的。

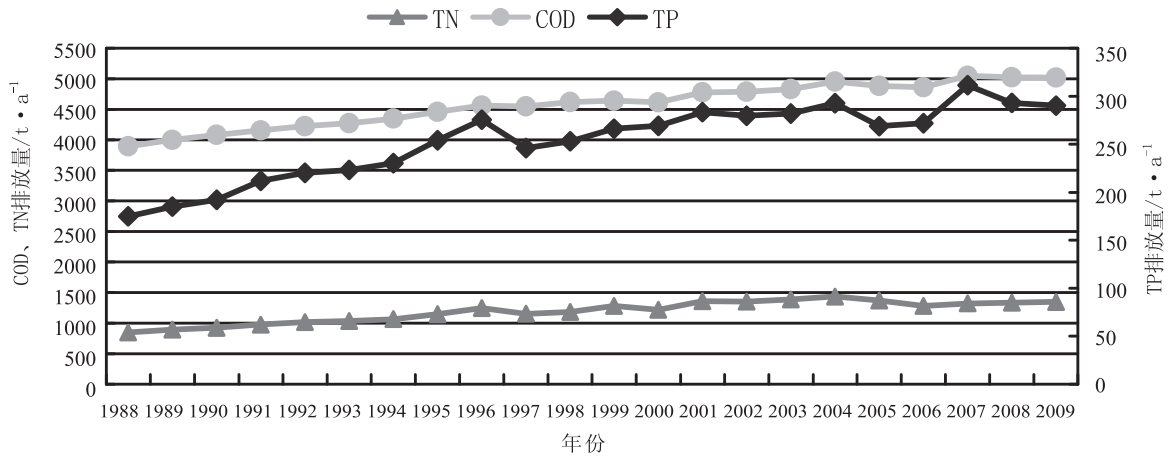


图5 抚仙湖流域主要污染物年排放量变化图

3.3 建议

首先是必须对抚仙湖产业结构的布局进行科学调整, 转变经济增长的方式, 使抚仙湖产业结构更趋合理化; 二是对抚仙湖流域资源开发应十分慎重, 要严格执行国家的产业政策, 特别是政府批准实施的重大项目, 在建设中配套的一系列环保工程要严格实施, 一定要做到零排放; 三是政府制定

“生态补偿机制”的相关政策, 让生态保护成果的“受益者”支付相应的费用, 通过制度创新控制好生态投资者的合理收益, 激励人们从事生态保护投资并使生态资本增值。

参考文献:

- [1] 王金南. 环境安全管理: 评估与预警 [M]. 北京: 中国科学出版社, 2003.

Analysis on Social Economic Development and Environmental Pressure of Fuxian Lake Basin

WANG Lin¹, LIU Yu², QI Yun - kuan², TANG Jin - yan²

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

Abstract: With the society developing and the human activities increasing, environmental pressure upon Fuxian lake is growing. Researches on the social economic development of Fuxian lake basin over the past 20 years were conducted in order to keep a healthy ecological system and the Grade 1 water quality in Fuxian lake. The results showed that the per - capita GDP grew by about 20 times, and the ratio of population density and town used - land was improved by 6. 9 percent and 1. 6 percent respectively, but the ratio of cultivated land was reduced by 1. 41 percent. The rapid development of economy and society in Fuxian lake basin has caused the area environmental capacity to decrease by degrees. Fuxian lake is facing enormous environmental pressure.

Key words: economic development; environmental pressure; survey; analysis; Fuxian lake

“十一五”期间滇池水质变化及原因

苏涛

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

摘要: 根据2006~2010年滇池水质监测数据, 分析了“十一五”期间滇池水体富营养化主要指标的变化情况, 结果表明滇池水体的富营养化程度虽有所下降, 但水质整体仍属于重度富营养化状态, 认为昆明市在“十一五”期间为治理滇池所作的大量工作其成效还未完全显现。

关键词: “十一五”; 滇池; 水质变化; 原因

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0033-04

滇池不但被列为国家重点治理的“三河三湖”之一, 而且是云南省九大高原湖泊水污染防治之首, 备受国家、省、市领导的高度重视和社会各界的关注。自20世纪80年代至今, 滇池治理已有几十年的历史, 投入了大量人力财力, 虽然有效地缓解了滇池生态环境的恶化, 却未根治滇池污染。本文以2006~2010年总氮总磷浓度的变化情况分析“十一五”期间滇池水质变化趋势及其原因。

1 基本概况

2005年滇池水体已经全湖富营养化, 草海水质为劣V类, 综合营养指数76.1, 属重度富营养状态, 外海水质达到V类地表水标准, 综合营养指数62.5, 属中度富营养化。主要入湖河道29条, 水质大多为劣V类。随着滇池流域内经济发展和城市化进程的加快, 人口数量急剧增长, 滇池污染物产生量迅速增加。1988~2000年流域污染物产生量总体上呈迅速递增趋势, 2000~2005年污染物的递增趋势减缓。在污染物产生总量中, 生活污染物贡献最大, 是流域污染物产生量增长的主要因素, 工业污染源产生量得到有效控制, 非点源污染物产生量总体呈上升趋势。随着城镇污水处理能力的提高, 污染物削减量持续增加, 2000~2005年化学需氧量、总磷得到有效控制, 入湖污染负荷量呈下降趋势, 总氮基本持平, 入湖污染负荷量稍有下降。

为解决滇池污染问题, 对滇池治理的投入已经历几个“五年”计划, “九五”期间完成投资25.3亿元; “十五”期间投资31.7亿元(含完成“九五”续建项目投资9.38亿元)。“十一五”期间, 昆明市加大滇池水污染防治投资力度, 工程项

目数量和投资总额分别为“十五”规划的2.57倍和7.69倍, 是完成规划项目最多、投资最大和成效最明显的5a。全市组织开展的“十一五”规划项目和滇池环湖截污工程, 共完成投资136.42亿元, 其中, 65个项目完成96.11亿元, 环湖截污工程完成投资40.31亿元。随着治理投资逐步增加, 点源污染负荷增长势头已经扭转, 滇池污染恶化的趋势得到遏制, 但湖体富营养化治理效果仍不尽人意, 严重富营养化、生态系统被破坏的状况难以在短期内根本扭转, 滇池水污染治理依然任重道远。“十二五”期间滇池水环境污染的形势仍十分严峻。

2 监测情况

昆明市环境监测中心长期对滇池进行例行监测, 并在蓝藻爆发期实行周报监测制。

2.1 监测点位

例行监测点位10个, 其中草海2个, 外海8个。为对蓝藻爆发期实施监控, 于2009年起新增监测点位4个。

2.2 监测项目及分析方法

监测项目为GB3838-2002《地表水环境质量标准》表1的24项基本指标, 采用国家颁布的统一监测方法—《地表水监测技术规范》中标准方法。

2.3 数据的选取及处理

为保证数据的连续性, 选取了昆明市环境监测中心2006~2010年间的滇池例行点位监测数据, 并取每年的年均值进行比较。监测项目选取有代表性的总氮、总磷、氨氮等富营养化评价指标, 并选取水质变化差异较大的两年年均数据对比分析。

3 滇池水体的富营养化变化趋势

3.1 滇池草海水体的富营养变化趋势

草海片区是滇池的核心区域，也是昆明主城最大、最重要的滨水区域，它是滇池保护治理的重点。从2006~2010年总氮、氨氮年均浓度的变化趋势图（图1）可以看出，总氮、氨氮年均浓度2006~2009年呈逐年上升趋势，2009~2010年呈明显下降趋势。

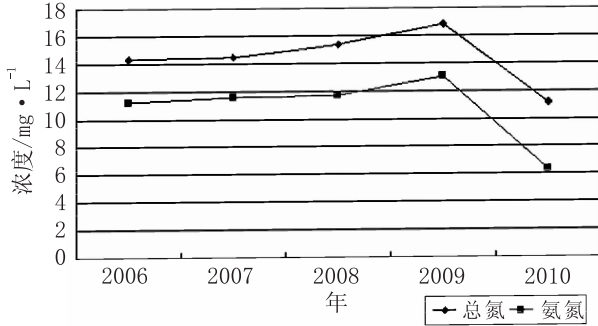


图1 2006~2010年滇池草海总氮、氨氮浓度变化图

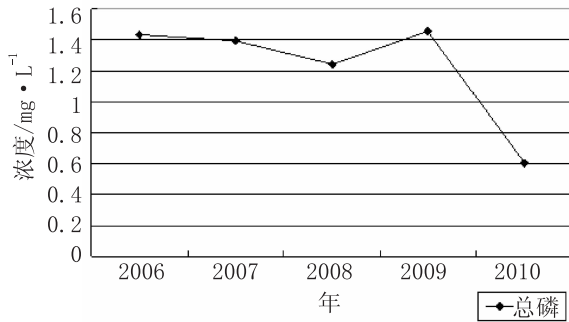


图2 2006~2010年滇池草海总磷浓度变化图

从2006~2010年总磷年均浓度的变化趋势图（图2）可以看出，总磷年均浓度2006~2009年呈波动变化，2009~2010年呈明显下降趋势。

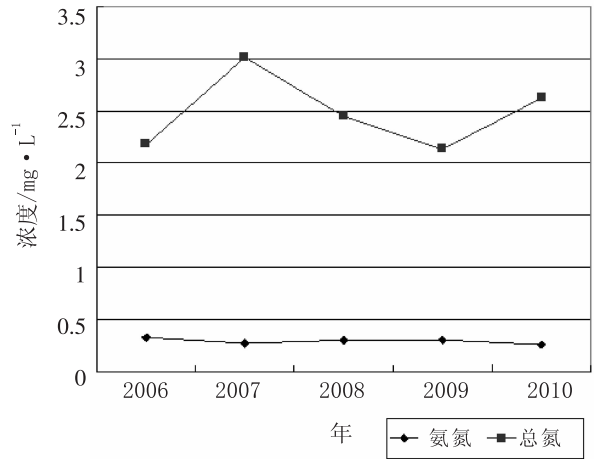


图3 2006~2010年滇池外海总氮、氨氮浓度变化图

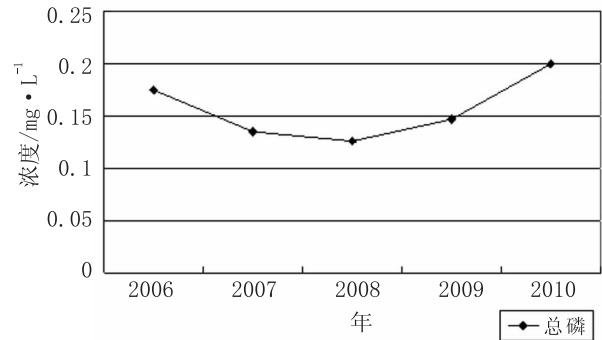


图4 2006~2010年滇池外海总磷浓度变化图

3.2 滇池外海变化趋势

从2006~2010年总氮、氨氮、总磷年均浓度变化趋势图（图3、图4）可以看出，滇池外海中总氮、氨氮、总磷年均浓度变化波动趋势不大。

表1 2009、2010年草海水质对照表

时间	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮
2009.2	10.7	30	8.60	16.105	1.690	19.20
2009.4	16.4	42	10.30	15.832	0.684	19.40
2009.6	11.8	37	9.95	13.235	2.165	16.20
2009.8	15.4	44	16.95	7.360	1.150	11.55
2009.11	13.4	50	13.25	12.010	1.570	14.75
2010.2	9.2	45	11.15	7.977	1.226	16.15
2010.4	7.5	48	11.60	12.415	1.100	15.10
2010.6	9.6	21	7.90	8.124	0.505	11.50
2010.8	6.3	35	11.70	5.396	0.309	9.27
2010.11	7.1	30	14.55	4.261	0.321	6.18

表 2 2009、2010 年外海水质对照表

(mg/L)

时间	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮
2009.2	9.8	46	5.38	0.338	0.127	2.19
2009.4	14.3	48	3.28	0.221	0.187	2.81
2009.6	11.9	56	3.48	0.441	0.115	1.91
2009.8	11.5	46	3.66	0.327	0.157	1.78
2009.11	14.9	55	3.40	0.366	0.112	1.66
2010.2	8.1	55	4.25	0.280	0.178	2.03
2010.4	6.7	67	4.43	0.277	0.230	3.43
2010.6	9.5	71	3.36	0.182	0.193	2.78
2010.8	9.3	80	2.26	0.151	0.197	2.02
2010.11	12.0	61	4.98	0.183	0.179	2.43

4 结论和讨论

4.1 结论

到 2010 年草海水水质类别仍为劣 V 类, 综合营养状态指数仍然较高。但与 2009 年同期相比, 综合营养状态指数下降; 水体透明度平均值上升, 氨氮、总氮、总磷、高锰酸盐指数和叶绿素 a 平均值均有所下降。外海水水质仍为 V 类, 氨氮、总氮、总磷、高锰酸盐指数和叶绿素 a 等指标变化不明显, 水体依然属于重度富营养状态。

4.2 讨论

造成滇池水体水质尤其是草海水质的部分好转的重要原因, 主要是“十一五”期间昆明市大力推进的滇池治理“六大工程”, “十一五”以来, 昆明市围绕“湖外截污、湖内清淤、外域调水、生态修复”四大目标进行治理, 投入力度大, 项目实施的广度和深度比“十一五”规划本身都有较大扩展, 草海片区污水处理及收集率明显提高, 进入草海的水污染物总量明显降低。草海底泥疏挖及处置二期工程实施后, 有效削减了草海内源污染; 草海片区人口迁出, 修复草海生态湿地, 生态产业的开发建设, 将滇池治理由污染治理向生态修复逐步转变。另外, 草海部分水域开展了水葫芦、藻等漂浮植物圈养, 对削减草海氮、磷, 净化水质, 有一定作用。四大目标的核心措施主要有以下几个方面:

(1) 昆明市在全力抓好以滇池北岸工程为核心的片区截污和以盘龙江水环境综合治理为重点的河道截污的同时, 正全力推进环湖干渠(管)截污以及环湖公路项目建设。实现了环湖东岸、南岸干渠截污基础工程闭合。环湖截污干渠建设将完成东岸、南岸截污干渠工程和配套的污水处理厂及雨水收集处理厂(站)建设, 试通水; 实现西岸、

北岸截污完善工程闭合, 试通水。环湖截污工程能够对点源排放的污染物实行截流, 能够有效减少污染物直接入河量, 是防止水体受到污染的有效措施。

(2) 昆明市建立河(段)长责任制和河道治污督导长制以来, 从截污导流、河床清污、生态修复、两岸禁养等方面, 对 35 条主要入湖河道及 82 条支流开展综合整治。目前, 已有 34 条河道水环境综合整治工作通过了阶段性检查验收, 盘龙江和宝象河等 15 条河道景观大为改善。

(3) 2008 年以来相继出台的《昆明市“一湖两江”流域水环境治理“四全”工作行动计划》和《关于在“一湖两江”流域禁止畜禽养殖的规定》, 推进了农业农村面源治理工程的开展。目前, 滇池流域已有 3.7 万多畜禽养殖户完成关闭搬迁, 680 万头畜禽离开了滇池流域。同时, 实施配方施肥 16.27 万 hm^2 , 减少化肥施用量 1726.7t, 建设沼气池 13.7 万口(户), 推广沼肥综合利用 0.55 万 hm^2 , 有效削减了入湖主要面源污染物。

(4) “六大工程”中的生态修复与建设工程也已取得突破性进展。尤其是在全面推进环湖生态建设上, 采取措施, 全力推进环湖生态建设“四退三还一护”(退田、退塘、退房、退人; 还湖面、还湿地、还林地; 护水)。滇池湖滨现已完成退田退塘 2000 多 hm^2 , 建设与恢复湖滨生态湿地 1733.33 hm^2 , 滇池流域林木覆盖率达 50.8%, 城市建成区绿化覆盖率近 40%, 环湖生态湿地建设前期工作基本完成。

滇池治理虽然取得了一定成效, 但滇池水质短时间内难以根本性好转。当前, 滇池治理正处于污染治理向生态修复逐步转变的阶段, 即将启动的“十二五”将是实现水质根本好转的关键时期, 未

来在实施湖内生态治理的同时还应加强面源治理、湖泊的生态修复及管理方面的工作，以遏制滇池富营养化的发展势头。

参考文献：

[1] 王红梅, 陈燕. 滇池近 20a 富营养化变化趋势及原因分析

[J]. 环境科学导刊, 2009, (3).

[2] 张治中. 滇池氮与富营养化研究 [J]. 环境科学导刊, 2007, (6).

[3] 马巍. 滇池水污染治理及防治对策研究 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2007, (1).

Change Trend and Reasons of Water quality of Dianchi Lake during the Eleventh – five – year Plan Period

SU Tao

(Kunming Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: The main water quality indexes of eutrophication in Dianchi lake were analyzed based on the monitoring data from 2006 to 2010. The results showed that the eutrophication degree of Dianchi lake decreased in the past five years. However, the water quality is still under heavy pollution. The effects of projects been done in the eleventh – five – year plan period have not realized totally.

Key words: eleventh – five – year plan; water quality change; reason; Dianchi lake

丽江古城水环境质量变化趋势浅析

木建文

(丽江市环境监测站, 云南 丽江 674100)

摘要:通过对丽江古城2002年~2010年水环境质量情况及变化趋势的分析,找出水质不断下降的原因,提出了古城水环境保护的相应对策和措施。

关键词:水环境质量;变化趋势;丽江古城

中图分类号: X50 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0037-05

1 古城水系基本情况

古城河流均源于城北象山麓的黑龙潭水系。沿象山脚下百余米地段有泉眼几十处,清流从岩石间流溢,出水量为 $2\sim 4.4\text{m}^3/\text{s}$,汇成约 $5\text{万}\text{m}^2$ 清澈见底的“黑龙潭”,由锁翠桥下泻,南流至玉龙桥。分成东、中、西3条河流贯穿古城,河流总称玉河水,纳西语为“咕噜吉”,意为龙王庙九眼洞流下来的“九龙水”。中河系原始形成的天然河流,流向东坝子;西河约于元代开挖,从玉龙桥南流至四方街南转向东南面;东河开挖于清代,流向东面。三条河在城内又分成纵横交错的无数条支渠入墙绕户,穿街过巷,形成主街傍河,小巷临水,路跨筑楼,依山而居的高原水城景象。河流最宽处 $5\sim 6\text{m}$,最窄处不足 1m ,在古城下游 6km 的南口一带汇入漾弓江。漾弓江径流面积 480m^2 ,年均径流量为 $6.3\text{m}^3/\text{s}$,其中平水期(11月~次年1月)水流量为 $4.0\sim 8.0\text{m}^3/\text{s}$ 。漾弓江最后流入金沙江。

近年来,随着丽江城市规模的不断扩大,游客

的大量涌入,城区人口急剧增加,白沙三束河和黑龙潭水大部分作为城区饮用水,大研古城景观用水难以得到很好的保证。通过建设引水工程,把拉市海水引入黑龙潭,补充了大研古城景观用水。

2 监测断面和监测项目选择

丽江市环境监测站在丽江古城水系设有9个例行监测断面。根据多年的监测资料,丽江古城水系的北郊、古城下、新城南郊、南口桥和木家桥5个监测断面水质变化较大,且有污染逐年加重的趋势。丽江城区及周边地区工矿企业很少,没有大的污染源,城区产生的废水主要是生活污水。根据丽江古城水系的监测情况和污水水质特点,选取丽江古城水系的北郊、古城下、新城南郊、南口桥和木家桥5个监测断面2002年~2010年的总磷、氨氮、粪大肠菌群3个项目的水质变化情况进行分析。

3 水质变化情况

3.1 北郊断面

表1 北郊水质情况表

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
总磷	0.01	<0.01	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.04
氨氮	0.10	0.12	0.36	0.34	0.13	0.08	0.04	0.08	0.04
粪大肠/个·L ⁻¹	70	360	810	1500	450	1000	550	500	2300

总磷变化情况。2002年~2010年,北郊断面总磷2003年未检出,2002年刚好在检出限上,最高年平均值为 $0.05\text{mg}/\text{L}$ (2007年)。总体上,北郊断面总磷浓度达到地表水Ⅱ类标准限值,但浓度有逐年升高的趋势。

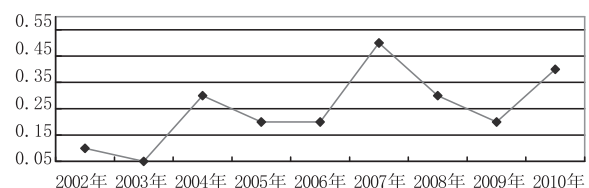


图1 北郊断面总磷年变化图

氨氮变化情况。2002年~2010年,北郊断面氨氮最低年平均值为0.04mg/L(2010年),最高年平均值为0.36mg/L(2004年)。2005年以前,北郊断面清溪水库北面,还有一定量的农田,受化肥、农药等农业面源污染,氨氮浓度逐年增高。2005年后,随着丽鸣路的改造和城市规模的扩大,清溪水库北面文荣村一带基本上是建城区,取样断面不再有三束河流经文荣村一带的农业用水,流经取样断面的水主要是清溪水库的水,氨氮浓度有逐年下降的趋势。

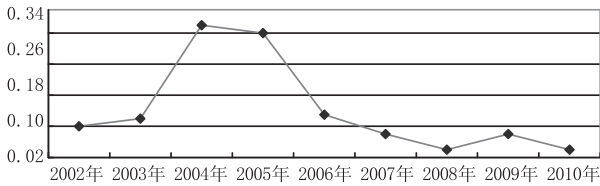


图2 北郊断面氨氮年变化图

粪大肠菌变化情况。2002年~2010年,北郊断面粪大肠菌群最低年平均值为70个/L(2002年),最高年平均值为2300个/L(2010年)。

2002年~2009年,北郊断面粪大肠菌有上升的趋势,但变化不明显。2010年上半年大旱,市民来清溪水库游泳的人数比往年增多,开始游泳的时间提前,结束时间又延后,监测断面的来水量少,导致粪大肠菌群上升较明显。

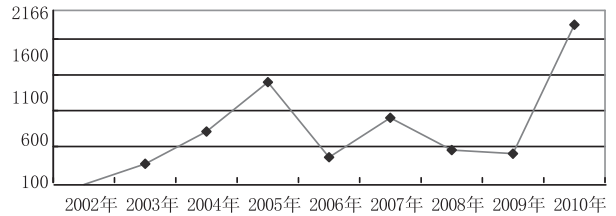


图3 北郊断面粪大肠菌年变化图

2002年~2009年,北郊断面水质达地表水Ⅱ类标准,符合水功能区划要求,水质较好。2010年1~8月份,水质只达地表水Ⅲ类标准,主要是粪大肠菌群超地表水Ⅱ类标准。

3.2 古城下断面

表2 古城水质变化情况表

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
总磷	0.08	0.08	0.06	0.08	0.15	0.18	0.12	0.07	0.08
氨氮	0.19	0.24	0.1	0.32	0.39	0.56	0.15	0.21	0.2
粪大肠/个·L ⁻¹	86400	23000	14800	64300	51000	31000	18000	13000	48000

总磷变化情况。2002年~2010年,古城下断面总磷最低年平均值为0.06mg/L(2004年),最高年平均值为0.18mg/L(2007年)。2005年以前,由于古城人口相对较少,玉河水流经古城后,总磷浓度变化平稳。2005年后,古城内经营户增长较快,游客人数激增,加之古城污水管网部分还未竣工,总磷浓度逐渐升高;后又随着污水管网的进一步配套完善,“禁磷禁白”活动的开展和古城环境保护措施的加强,总磷浓度逐渐下降,趋于平稳。

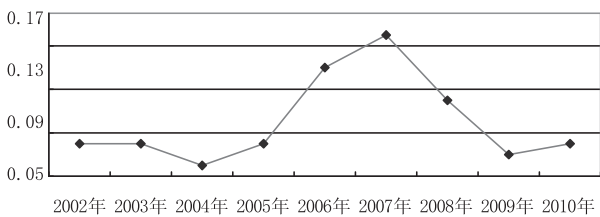


图4 古城下断面总磷年变化图

氨氮变化情况。2002年~2010年,古城下断面氨氮变化趋势与变化原因与总磷变化趋势和变化原因大致相同。

粪大肠菌变化情况。2002年~2010年,古城下断面粪大肠菌群最低年平均值为13000个/L(2009年),最高年平均值为86400个/L(2002年),古城断面粪大肠菌有上升的趋势,但变化不明显。

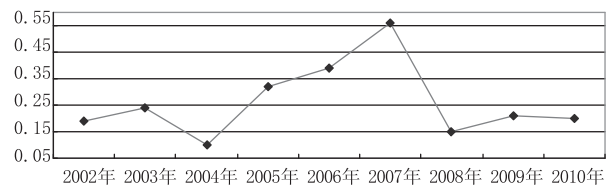


图5 古城下断面氨氮年变化图

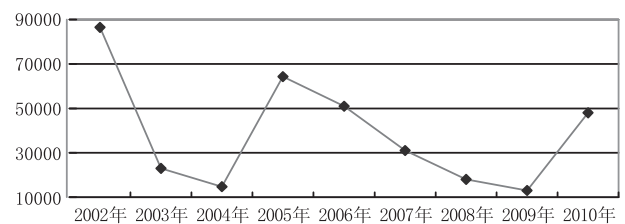


图6 古城下断面粪大肠菌年变化图

2002年~2010年,古城下断面水质超地表水IV类,为重度污染。主要是粪大肠菌群超标。一是因为古城内个别人在河道内屡禁不止地清洗拖把等杂物和古城经营户随意倾倒废水现象时有发生;

二是忠义市场存在废水、废渣就近倾倒古城玉河现象。

3.3 新城区南郊断面

表3 新城区南郊水质变化情况表 (ml/L)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
总磷	0.12	0.39	0.46	0.43	0.84	0.92	0.68	0.92	0.8
氨氮	1.35	2.74	3.34	6.78	7.3	8.52	6.28	8.22	6.06
粪大肠/个·L ⁻¹	54000	79000	177000	117000	510000	404000	448000	430000	1110000

总磷变化情况。2002年~2010年,新城区南郊断面总磷最低年平均值为0.12mg/L(2002年),最高年平均值为0.92mg/L(2009年)。新城区南郊断面总磷有上升的趋势,且上升趋势非常明显。

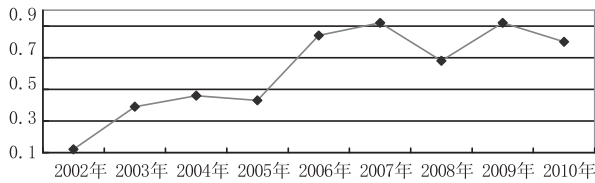


图7 新城区南郊断面总磷年变化图

氨氮变化情况。2002年~2010年,新城区南郊断面氨氮最低年平均值为1.35mg/L(2002年),最高年平均值为8.22mg/L(2009年)。新城区南郊断面氨氮有上升的趋势,且上升趋势非常明显。

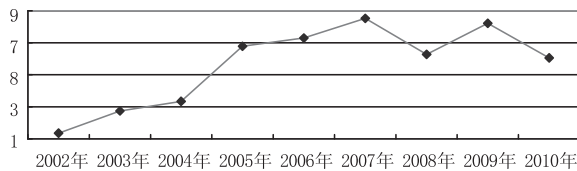


图8 新城区南郊断面氨氮年变化图

粪大肠菌变化情况。2002年~2010年,新城区南郊断面粪大肠菌群最低年平均值为54000个/L(2002年),最高年平均值为1110000个/L(2010年)。新城区南郊断面粪大肠菌群有上升的趋势,且上升趋势非常明显。

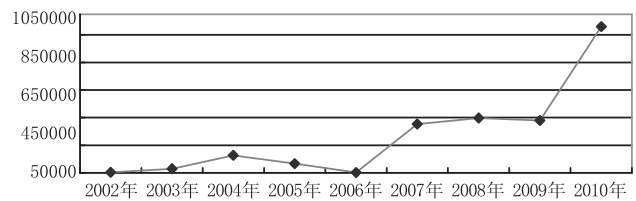


图9 新城区南郊断面粪大肠菌年变化图

2002年~2010年,新城区南郊断面水功能类别为V类,污染物浓度上升趋势非常明显,水质为地表水劣V类,属严重污染。原因在于城市规模不断扩大,市区人口不断增加,河流来水量减少,东界河沿线居民生活污水没有全部接入市政污水管道,有少部分生活污水直接排入东界河,导致南郊断面粪大肠菌、总磷、氨氮超标。

3.4 南口桥断面

表4 南口桥水质变化情况表 (ml/L)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
总磷	0.03	0.08	0.11	0.10	0.06	0.23	0.1	0.11	0.19
氨氮	0.17	0.27	0.48	0.48	0.23	1.40	0.31	0.51	0.58
粪大肠/个·L ⁻¹	1800	5000	2800	5700	1200	4200	7000	1500	12000

总磷变化情况。2002年~2010年,南口桥断面总磷最低年平均值为0.03mg/L(2002年),最高年平均值为0.19mg/L(2010年)。南口桥断面总磷有上升的趋势,且上升趋势较明显。

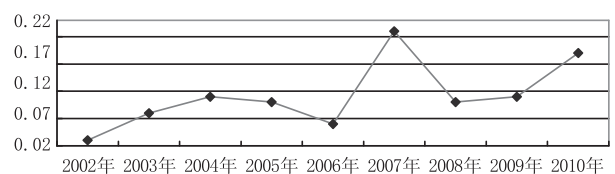


图10 南口桥断面总磷年变化图

氨氮变化情况。2002年~2010年,南口桥断面氨氮最低年平均值为0.17mg/L(2002年),最高年平均值为1.40mg/L(2007年)。南口桥断面氨氮有上升的趋势。

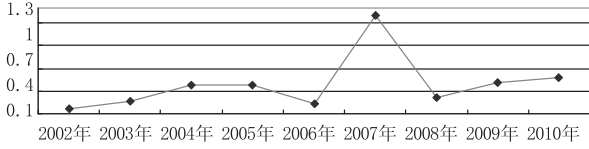


图11 南口桥断面氨氮年变化图

粪大肠菌变化情况。2002年~2010年,南口桥断面粪大肠菌群最低年平均值为1200个/L(2006年),最高年平均值为1200个/L(2010年)。2010年,由于干旱,上游来水减少,粪大肠菌群浓度升高明显。南口桥断面粪大肠菌群有上升

的趋势,且上升趋势较明显。

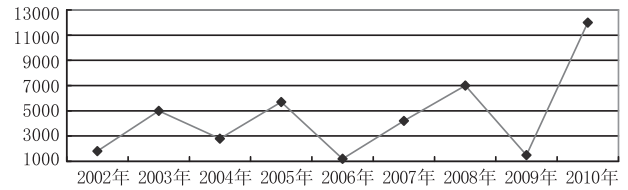


图12 南口桥断面粪大肠菌年变化图

2002年~2010年,南口断面水功能类别为Ⅲ类,水质达地表水Ⅳ类,属中度污染。原因:一是城区支管建设尚未完善,部分小区、居民住宅区的污水未接入主管;二是玉龙新城生活污水未经处理进入玉龙县护城河后进入漾弓江。

3.5 木家桥断面

表5 木家桥水质变化情况表

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
总磷 (mg/L)	0.06	0.09	0.11	0.14	0.21	0.23	0.20	0.23	0.36
氨氮 (mg/L)	0.30	0.29	0.47	0.58	1.28	1.40	0.93	1.22	1.84
粪大肠/个·L ⁻¹	3700	3500	4100	5100	6800	4200	7000	2700	1600

总磷变化情况。2002年~2010年,木家桥断面总磷最低年平均值为0.06mg/L(2002年),最高年平均值为0.36mg/L(2010年)。木家桥断面总磷有上升的趋势,且上升趋势非常明显。

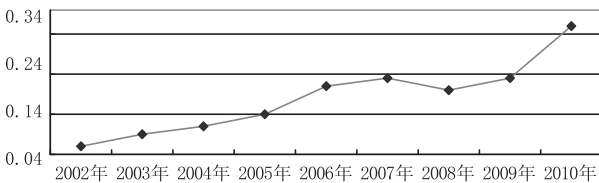


图13 木家桥断面总磷年变化图

氨氮变化情况。2002年~2010年,木家桥断面氨氮最低年平均值为0.29mg/L(2002年),最高年平均值为1.84mg/L(2010年)。木家桥断面氨氮有上升的趋势,且非常明显。

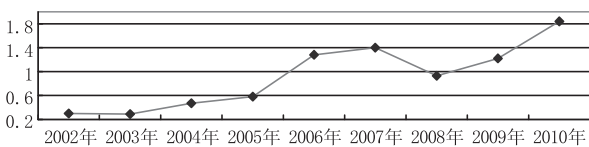


图14 木家桥断面氨氮年变化图

粪大肠菌变化情况。2002年~2010年,木家桥断面粪大肠菌群最低年平均值为1600个/L

(2010年),最高年平均值为7000个/L(2007年)。木家桥断面粪大肠菌群有下降的趋势,但下降趋势不明显。

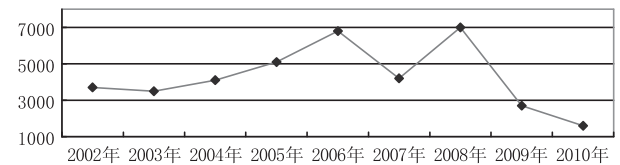


图15 木家桥断面粪大肠菌年变化图

2002年~2010年,木家桥断面水功能类别为Ⅳ类,水质达地表水Ⅳ类,属中度污染。流南口桥断面的地表水,经过自净,个别水质指标有一定的改善,但改善不明显。

4 古城水系水质下降原因分析

丽江古城水系上各个常规监测断面的水质指标,与2002年开展古城月报监测以来的历史数据相比,有下降的趋势,主要原因是:

(1) 2002年以来,丽江城市规模不断扩大,市区人口大量增加,大部分三束河水只能作为饮用水,减少了古城水系的来水量;

(2) 为保证古城景观用水,拉市海水经过引水渠到达北郊后,由于北郊污水管网不完善,汇入

部分废水，致使古城补水水质较差；

(3) 存在饮用水源地里游泳，在流经城区的河里清洗拖把和随意倾倒垃圾、污水等不文明行为，个别公民的环境意识不高；

(4) 城区支管建设尚未完善，部分小区、居民住宅区的污水未接入主管，存在污水直排古城水系的情况；

(5) 因丽江第二污水处理厂处于建设期，玉龙新县城未经处理的生活污水只能进入玉龙县护城河后进入漾弓江。

5 措施和建议

(1) 通过科学设计，对拉市海引水渠北郊段进行综合治理，提高古城补水水质；

(2) 开展多种形式的宣传，环保教育进学校、进单位、进社区，让环保理念深入人心，提高全体

公民的环保意识；

(3) 增加投入，完善城区污水管网建设，不让一滴污水进入古城水系；

(4) 加紧建设完成丽江第二污水处理厂，完善污水管网配套建设，争取玉龙新县城污水能够早日处理；

(5) 结合“创园”契机，加紧市区绿化，加强城区周围面山的植树造林等生态建设。

参考文献：

- [1] HJ/T91—2002，地表水和污水监测技术规范 [S].
- [2] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法（第四版）[M]. 北京：中国环境科学出版社，2002.
- [3] 中国环境监测总站. 环境水质监测质量保证手册（第二版）[M]. 北京：中国环境科学出版社，2010.

Analysis on Water Environment Change in Old Town of Lijiang

MU Jian - wen

(Lijiang Environmental Monitoring Station, Lijiang Yunnan 674100 China)

Abstract: The water environment change in old town of Lijiang was analyzed based on the monitoring data of 2002 to 2010 as well as the trend of water quality. The reasons that the water quality was decreasing were discovered. The countermeasures on water environment protection in old town of Lijiang were pointed out.

Key words: water environment quality; change trend; old town of Lijiang

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

(湖北大学资源环境学院, 武汉 湖北 430062)

摘要:评价了汉江流域水质污染现状: 汉江流域干流水质好于支流, 从上游至下游污染状况逐渐上升, 主要污染物为 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$, 污染特征为有机污染型。对汉江流域污染源进行了调查: 汉江流域面源污染大于点源, 排放负荷较大的是农业地表径流、城镇生活污水、畜禽养殖。

关键词:水污染现状; 污染源; 调查; 汉江流域

中图分类号: X50 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0042-03

1 汉江流域概况

1.1 自然环境

汉江又称汉水, 古时曾叫沔水, 与长江、黄河、淮河一道并称“江河淮汉”。汉江全长 1557km, 就长度而言为长江第一大支流。其发源地在陕西省西南部秦岭与米仓山之间的宁强县(隶属陕西省汉中市, 旧称宁羌)冢山, 而后向东南穿越秦巴山地的陕南汉中、安康等市, 进入鄂西后北过十堰流入丹江水库, 出库后继续向东南流, 过襄樊、荆门等市, 在武汉市汇入长江。汉江流域丹江口以上称上游, 丹江口至钟祥称中游, 钟祥以下为下游。汉江流域面积达 15.1 万 km^2 , 涉及鄂、陕、豫、川、渝、甘 6 省市的 20 个地(市)区、78 个县(市)。汉江也是湖北省的第二大河流, 流域内包括十堰市、襄樊市、神农架林区、荆门市、随州市、潜江市、天门市、仙桃市、孝感市、武汉市等 10 市 38 个县(市、区), 其中干流流经 8 市 20 个县(市、区)。

1.2 社会经济环境

汉江在湖北省流域面积 6.24 万 km^2 。流域人口 2214.63 万, 占全省人口的 39.2%; 耕地面积 129.03 万 hm^2 , 占全省耕地的 38.2%。

汉江中下游地区经济发达, 人口密集。2001 年, 汉江中下游地区 GDP 为 2545.94 亿元, 约占全省 GDP 总额的 54.58%; 人口约 1634 万人, 约占当年全省人口的 30%。在全省乃至全国总体发展战略中具有显要地位^[1], 同时也是湖北省重要的工农业生产地区和全省的主要粮仓。粮食作物以

水稻、小麦为主, 杂粮次之; 经济作物有棉花、油料、麻类、桐油等。区域内工业以汽车、机械、电子、建材业为主体; 石油、化工、纺织工业有相当规模; 冶金、煤类、烟草、医药等也相当发达。

汉江流域的县、市其国内生产总值占全省的 57.11%。农业总产值占全省的 50.02%, 人均国内生产总值高出全省人均值的 63.39%。因此保护和管理好汉江流域的环境质量对促进湖北省社会和经济可持续发展具有重大意义^[2]。

2 汉江流域水污染现状

2.1 汉江干流水环境质量现状

根据 2003 年、2008 年和 2009 年湖北省环境状况公报, 总体来说, 汉江干流水质为优, 并且呈逐年好转态势。汉江干流监测断面水质为 II 类的占 84.2%, 为 III 类的占 15.8%, 功能区水质达标率为 89.5%。郧西羊尾、天门罗汉闸、武汉宗关和龙王庙断面水质显著上升, 汉川石剑、丹江口蔡湾和武汉新沟断面水质略有下降, 其它断面水质类别持平。监测结果表明: ①汉江干流从上游至下游污染浓度普遍上升, 水环境质量明显下降; ②汉川、丹江口、武汉等段主要水质指标已接近水环境质量临界值; ③汉江中下游段主要超标因子为高锰酸盐指数、氨氮、总磷等, 其污染特征为有机污染型; ④汉江下游段曾于 1992 年 2 月、1998 年 2 月和 4 月、2000 年 2 月、2003 年 2 月等多次发生“水华”, 而且一次比一次影响范围广、持续时间长。

2.2 汉江支流水环境质量现状

根据同年汉江支流监测结果, 汉江支流水质为轻度污染。汉江支流监测断面水质为 III 类的占 50.0%, 为 IV 类的占 25.0%, 为 V 类的占 12.5%, 为劣 V 类的占 12.5%, 功能区水质达标率为

收稿日期: 2011-04-13

作者简介: 石应 (1986-), 男, 硕士, 湖北大学资源环境学院研究生。

62.5%。天门河天门杨林断面水质上升,北河谷城聂家滩和竹皮河荆门入汉江口断面水质显著下降,其它断面水质类别持平。由于汉江支流的水量小、自净能力差,水质污染状况更为严重。与汉江干流相同,其主要超标因子为高锰酸盐指数、氨氮、总磷等,其污染特征也为有机污染类型。小清河、唐白河及竹皮河等支流入汉江后均形成较大的污染带,严重影响了汉江的水环境质量。

3 汉江流域污染源调查

3.1 点源调查

随着经济发展和沿江城镇化规模的扩大,排入汉江的废水总量逐年递增,“一控双达标”工作的实施,虽然使汉江流域各段污染物的排放总量得到一定的消减,但汉江流域各城市污水处理率较低,这些废水基本上不经处理就直接排江,导致汉江中下游水质明显呈恶化趋势。根据统计资料^[3],2000年汉江流域废水排放量达53900万t/a,其中工业废水排放量达26000万t/a,生活污水排放量达27800万t/a。2001年,湖北省汉江流域污水排放总量为71962万t,约占全省污水排放总量的32.1%。其中工业废水排放量为29536.3万t,约占规划区污水排放量的41%;生活污水排放量42425.7万t,约占规划区污水排放量的59%。到2009年,汉江流域工业废水COD排放量达62259.3t/a, NH₃-N排放量达3158.5t/a;生活污水COD排放量达77998.4t/a, NH₃-N排放量达9518.3t/a(见表1)。

3.2 面源调查

相对来说,点源的污染比较容易监测,而面源污染由于涉及范围广,无法简单定量描述。但是面源也是造成汉江污染的一个不能忽视的重要因素。最重要的面源之一就是农业,汉江沿岸是湖北省重要的粮食生产基地,农业中大量使用的化肥、农药、家畜粪便等随着地表径流进入汉江,造成汉江中各污染物超标。本文涉及到的面源污染源包括农村生活污染源、农业地表径流、分散养殖、水产养殖、船舶航运污染、大气降水污染源。经计算得到:①汉江流域农村生活污染物实际进入水体的量为COD 7249.5t/a, NH₃-N 1676.4t/a;②农业地表径流入河量为COD 52118.1t/a, NH₃-N 10780.5t/a;③畜禽养殖污染物的入河量为COD 30369.2t/a, NH₃-N 6074.0t/a;④农村分散鱼塘养殖污染实际输入的污染量为COD 4952.2t/a, NH₃-N 2252.6t/a;⑤其它污染源包括旅游污染、

船舶污染(主要是船舶含油污水和生活污水)、大气降尘以及河流内原污染等,由于排放量相对较小,加上计算困难,在此忽略不计(见表1)。

表1 汉江流域主要污染源水污染物入河量

		(t/a)	
污染源分类		污染物入河量	
		COD	NH ₃ -N
点源	工业污染源	62259.3	3158.5
	城镇生活污染源	77998.4	9518.3
	小计	140257.7	12676.8
面源	农村生活污水	7249.5	1676.4
	农业地表径流	78177.1	16170.8
	畜禽养殖	30369.2	6074.0
	水产养殖	4952.2	2252.6
	小计	120748.0	26173.8
总计		261005.7	38850.6

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 根据汉江流域水污染现状,汉江水质总体良好。干流水质以Ⅱ、Ⅲ类为主,明显好于支流,功能区水质达标率远远高于支流的62.5%。汉江流域中下游水质污染比上游严重,尤以下游污染严重。汉江水质主要污染物总磷、氨氮、高锰酸盐指数质量浓度自上而下呈递增趋势。水体中主要污染类型属于富营养化物质和耗氧有机物,其表征与汉江下游的工业发达、人口密集、相应排污量大有关。

(2) 从污染源来看,汉江流域年COD入河量达到26.10万t,氨氮达到3.86万t。在各类污染源中,COD入河量最大的是农业地表径流,其次是城镇生活污水和工业废水,再次是畜禽养殖;而NH₃-N入河量最大的是农业地表径流,其次是城镇生活污水和畜禽养殖。面源污染所占比例较大,从而使得农业地表径流成为流域内最大水污染源。

4.2 讨论

(1) 虽然作为河流,汉江有一定的自净能力,但是大量污染物毫无节制地排放到汉江,超出其自净容量。有些时候,汉江沿线各支流、湖泊开闸放水,将蓄积已久的污水排入汉江,大量有机物涌入汉江,导致江中氮磷等营养物质浓度增加。

(2) 汉江流域是湖北省经济发达地区,随着汉江沿岸城乡经济的发展、人口的增加,向汉江的排污量也在增加。从监测结果可看出,农业生产引起的面源污染大于生活污水和工业废水的点源污染。这就要求我们在今后的农业生产中应严禁使用

毒性大、用后不易降解的农药，积极推广使用无公害化肥；大力发展生态农业，调整产业结构，推行清洁生产，从而控制面源污染。

(3) 汉江流域生活污水和工业废水排放量大且污染集中，必须采取措施进行有效治理，以防止对生态和环境的破坏。同时要加快建设污水处理厂，在沿江水污染防治保护区内，实施城市污水处理达标排放，并对造纸、化肥、农药、食品等污染企业限期达标排放。

(4) 南水北调工程实施后，将直接导致汉江

中下游水资源减少。水资源减少将加重汉江水体污染，尤其是面源污染，同时将加剧水华现象的发生。所以为配合汉江流域综合治理，恢复水体功能，实施引江济汉生态补水工程十分必要。

参考文献：

- [1] 钱易. 水资源管理需要新思路新策略 [J]. 中国水利, 2002, (10).
- [2] 胡春华. 汉江流域水环境监督管理体系研究与探讨 [J]. 科技进步与对策, 2001, (12).
- [3] 本书编委会. 中国水利百科全书环境水利分册 [M]. 北京: 水利水电出版社, 2004.

Present Condition and Pollution Source Survey for Water Pollution of Hanjiang River Basin

SHI Ying, GU Pei, CAO Jun, CHEN Hong - bing, LU Jin - deng

(Faculty of Resources and Environment of Hubei University, Wuhan, Hubei 430062 China)

Abstract: The current pollution situation of Hanjiang river was presented. The water quality of mainstream is better than tributaries. The pollution level is increased from upstream to downstream. The main pollutants are COD、TP and NH₃ - N. The type is organic pollution. The pollution sources of Hanjiang river basin were surveyed. The results showed that the non - point source pollution was more than the point source. The main discharge loads were from agricultural surface runoff and urban domestic wastewater and livestock raising.

Key words: water pollution situation; pollution source; survey; Hanjiang river basin

滇池底泥堆场次生植被富集污染物调查

王瀚墨¹, 白涛², 肖丹², 何洁²

(1. 云南省农业科学院药用植物所, 云南昆明 650223; 2. 昆明市城市排水监测站, 云南昆明 650034)

摘要: 对滇池周边 3 个底泥堆场次生演替恢复过程中主要植物的生态学特征和污染物富集情况进行了调查。结果表明: 随着底泥堆场由表流湿地向潜流湿地过渡, 植被的整体含水量逐渐减少, 种群密度逐渐增加; 3 个底泥堆场优势种的生物量随着植被恢复时间的增长而逐步减少; 植物优势种富集某种重金属的能力与生物量的相关性系数 ($Zn < Cu < Pb < As < Cr < Cd < Hg$) 随富集能力的提高而降低, 其中 Hg 的富集与生物量有较高的相关性; 水生植物富集污染物的能力高于陆生植物; 水生植物富集污染物能力最强的是凤眼蓝, 其次是长柱柳叶菜和水烛; 陆生植物富集污染物能力最强的是稗、云南莎草和水蓼。

关键词: 底泥堆场; 次生植被; 污染物富集; 滇池

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0045-06

底泥污染是滇池内源污染的主要问题, 在静态条件下, 湖泊沉积物每 1a 可以释放 1 万 t 左右的氮、900t 左右的磷, 相当于外源输入的污染物的 30% ~ 40%^[1]。目前, 滇池流域所采取的控制滇池污染的措施主要有: 控制性圈养凤眼蓝、机械手段分离 (蓝) 藻水、种植中山杉以及对滇池底泥进行环境疏浚^[2]。其中环境疏浚是目前控制内源污染最有效的方法^[3-4]。

环境疏浚是指以改善水体环境质量为目的, 用机械手段清除湖床上层一定范围内富含有机质、氮、磷和重金属的污染底泥并妥当处置, 一定程度上去除污染内源, 为湖泊水质的好转和稳定创造条件^[5]的一种工程技术。疏浚后所带离水体的底泥具有有机质含量高、含水率高、组分复杂等特点, 若处置不当极易产生二次污染^[6-7]。滇池底泥堆场运用疏浚底泥构建生态湖滨带进而清除疏浚底泥内污染物的处置方案具有节省费用、不破坏原有生态、去污效率高等优点^[8-9], 但也存在诸如处置周期长, 可能造成物种入侵, 并非所有污染物都能被生物富集或利用等缺点^[10]。因此, 如何选择在疏浚底泥堆场上构建生态湖滨带的物种成为疏浚底泥后期处置成功与否的关键。目前国内尚无关于利用堆场次生植被作为恢复材料的相关研究报道。

滇池底泥疏浚在二期工程实施过程中建立了 3 个底泥堆场 (柳苑底泥堆场、福宝塘底泥堆场、

福宝湾底泥堆场), 本文就这 3 个堆场的植被次生演替过程中出现的各种植物对滇池底泥中的污染物的富集情况及这些植物是否适合作为底泥堆场生态修复的生物素材进行了初步的调查, 希望能为下一步构建滇池疏浚底泥生态湖滨带物种的选择提供一些实验数据。

1 研究区域简介

柳苑底泥堆场建于 2009 年 11 月 ~ 2010 年 7 月, 占地面积约 0.27km², 底泥棕黑色至黑灰色, 含水和有机质较多, 含沙较少, 主要呈现为表流湿地, 表层水深 12 ~ 75cm。

福宝塘底泥堆场建于 2009 年 11 月 ~ 2010 年 9 月, 占地面积约 0.8km², 整个堆场目前分为表流和潜流两个区域, 表流区域比潜流区域底泥堆积略高, 因此两个区域所呈现的土壤结构、底泥的含水量以及植被类型均有所差异: 西侧区域底泥深棕色至灰黑色, 含水和有机质较多, 含沙稍少, 绝大部分区域呈现为表流湿地, 表层水深 8 ~ 40cm; 东侧区域底泥浅棕色至深棕色, 含水和有机质较少, 含沙稍多, 地表积水 (或涌水) 或地面表层板结、较少龟裂, 呈现为潜流湿地。

福宝湾底泥堆场建于 2009 年 11 月 ~ 2010 年 1 月, 占地面积约 0.13km²。底泥浅棕色, 含水和有机质较少, 含沙较多, 表层板结龟裂, 25 ~ 30cm 以下有潜流, 主要呈现为潜流湿地。

2 调查与研究方法

2.1 植被调查

于 2010 年 11 月对位于滇池东北岸的 3 个底泥

堆场进行了实地调查。调查采用样方法：首先使用记名样方法目测记录3个滇池底泥堆场样地内植物的种类以及它们的多优度和群集度，并对其进行排序，选取前5种植物作为该堆场的优势种。

在该堆场选取由单一优势种种群构成或单一优势种种群占绝对优势的生境建立1 m × 1 m的样方，记录该优势种的生态特征：优势种的层高，种群密度以及物候期等。其中1.1至1.5号的5个样方为柳苑堆场样地样方，2.1至2.5号的5个样方为福保塘堆场样地样方，3.1至3.5号的5个样方为福保湾堆场样地样方。

2.2 样品生物量和含水率测定

将单一样方内的优势种全部植株带根挖出，将根清理干净后用吸水纸擦拭干净，测量得其鲜重 W_1 ；将挖出的优势种全部个体带回实验室，80℃干燥至恒重，测量得其干重 W_2 ，以 $W_1 - W_2$ 的值除以 W_1 再乘以 100% 所得即为样方内优势种样品的含水率。

2.3 样品富集污染物检测

将干燥后的样品粉碎，混匀，测量其 TN、TP、有机质和重金属的含量，检测方法为：砷 GB/T 5009.11-2003，汞 GB/T 5009.17-2003，铅 GB/T 5009.12-2010，镉 GB/T 5009.15-2003，铬 GB/T 5009.123-2003，铜 GB/T 5009.13-2003，锌 GB/T 5009.14-2003，总氮 GB 5009.5-2010，总磷 NY/T1653-2008，有机质 NY/T304-1995。

2.4 对样品生物量曲线与样品富集污染物曲线进行相关性比较

相关系数 $r =$

$$\frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

其中 X 和 Y 为两个待比较的数值序列，r 为 X 序列与 Y 序列的相关系数。

3 结果

3.1 3个底泥堆场的优势种及其生态学特征

经调查发现柳苑底泥堆场内生长的植物共有11种，依照其在样地中的多优度排在前5位的优势种分别为凤眼蓝 (*Eichhornia crassipes*)、长柱柳叶菜 (*Epilobium blinii*)、西来稗 (*Echinochloa crusgalli var. zelayensis*)、喜旱莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 和水烛 (*Typha angustifolia*)。福宝塘底泥堆场内生长的植物共有23种，依照其在样地中的多优度排在前5位的优势种分别为凤眼蓝、水蓼 (*Polygonum hydropiper*)、稗 (*Echinochloa crusgalli*)、香蒲 (*Typha orientalis*) 和云南莎草 (*Cyperus duclouxii*)；福宝湾底泥堆场内生长的植物共有19种，依照其在样地中的多优度排在前5位的优势种分别为水蓼、双穗雀稗 (*Paspalum paspaloides*)、灯心草 (*Juncus effusus*)、喜旱莲子草和菰 (*Zizania latifolia*)。

通过表1对3个滇池底泥堆场中的样方进行比较可知，优势种的平均含水量：柳苑堆场 > 福保塘堆场 > 福保湾堆场；优势种的平均生物量：福保塘堆场 > 柳苑堆场 > 福保湾堆场；优势种的平均种群密度：福保湾堆场 > 柳苑堆场 > 福保塘堆场。

表1 3个滇池底泥堆场内优势种的生态学特征

区域	样方编号	优势种	样方重要值	生物量 /g · m ⁻²	含水率 /%	种群密度	层高 /cm	根系 /cm	物候期
柳苑堆场	1.1	水烛	1.00	0.89	89.8	22	152	20	-
	1.2	西来稗	0.99	0.62	91.0	17	45	25	- (⊥)
	1.3	喜旱莲子草	1.00	1.42	83.7	23	33	10	-
	1.4	长柱柳叶菜	1.00	0.9	89.8	52	56	12	C
	1.5	凤眼蓝	1.00	1.42	93.6	67	42	25	~ (-)
福宝塘堆场	2.1	水蓼	0.97	0.58	82.5	15	152	35	⊥
	2.2	云南莎草	0.99	0.54	81.2	5	73	30	⊥
	2.3	稗	0.97	1.91	81.9	18	156	40	⊥
	2.4	香蒲	1.00	1.71	88.6	41	120	25	-
	2.5	凤眼蓝	1.00	1.42	94.3	74	35	25	C
福宝湾堆场	3.1	水蓼	0.99	0.76	81.1	133	118	30	⊥
	3.2	灯心草	0.99	0.32	76.5	5	43	15	⊥
	3.3	双穗雀稗	0.92	0.43	89.4	17	30	25	⊥
	3.4	喜旱莲子草	0.90	0.34	89.6	33	30	25	-
	3.5	菰	1.00	0.64	82.6	16	176	25	-

3.2 底泥堆场内优势种富集污染物的测定

在表 2 中各种污染物的含量对应以样方面积 (即 1 m × 1 m) 内优势种生物量中的污染物含量表示。由表 2 可以看出, 单位样方面积内的优势种的污染物含量存在着柳苑堆场 > 福保塘堆场 > 福保

湾堆场的梯度关系。通过对滇池底泥堆场内生长的植物优势种富集污染物能力的比较分析, 可以看出水生植物富集污染物的能力高于陆生植物富集污染物的能力。

表 2 3 个滇池底泥堆场内优势种单位样方面积内的污染物含量 (mg/m²)

样方编号	优势种	砷 As	汞 Hg	铅 Pb	镉 Cd	铜 Cu	锌 Zn	铬 Cr	TN / g · m ⁻²	TP / g · m ⁻²
1.1	水烛	4.17	0.034	8.42	0.175	26.7	53.8	1.08	14.1	2.69
1.2	西来稗	2.99	0.015	20.8	0.478	30.6	34.8	2.28	15.3	1.52
1.3	喜旱莲子草	5.86	0.014	8.18	0.237	29.0	43.5	3.56	23.4	3.01
1.4	长柱柳叶菜	3.82	0.014	12.2	0.945	35.6	50.5	3.99	14.8	3.06
1.5	凤眼蓝	6.42	0.054	11.5	3.61	48.6	108.5	1.52	25.6	6.40
2.1	水蓼	1.37	0.013	9.16	0.101	24.2	32.2	1.23	4.87	0.650
2.2	云南莎草	2.52	0.112	10.9	0.198	33.9	42.6	3.35	2.59	0.983
2.3	稗	2.60	0.080	17.3	0.256	54.6	120.3	6.51	30.4	4.62
2.4	香蒲	2.02	0.041	11.0	0.079	45.1	70.1	2.09	32.5	5.57
2.5	凤眼蓝	5.28	0.131	27.1	0.474	67.3	153.4	3.66	26.8	4.77
3.1	水蓼	0.163	0.011	7.22	0.074	17.3	23.3	1.85	12.8	0.920
3.2	灯心草	0.384	0.011	5.02	0.043	13.5	20.2	0.768	4.03	1.08
3.3	双穗雀稗	0.087	0.022	3.14	0.031	9.16	8.34	1.36	12.4	1.11
3.4	喜旱莲子草	0.194	0.005	1.50	0.029	12.9	18.6	0.51	10.1	1.03
3.5	菰	1.47	0.031	4.19	0.056	22.6	28.9	1.37	10.4	2.25

图 1 为 3 个底泥堆场内优势种单位样方内的生物量曲线, 图 2 为 3 个底泥堆场内优势种单位样方内的 TN、TP 的含量曲线。一般而言, 植物富集的 TN 与 TP 应与植物的生物量成正比关系, 且具有较高的相关性。但通过图 1、图 2 的数据可知: 3 个底泥堆场内优势种的 TN 含量曲线与优势种生物量的曲线相关系数仅为 0.0008, 优势种的 TP 含量曲线与生物量的曲线相关系数略高, 为 0.0050。其中 1.5 号样方凤眼蓝富集的 TN 最多, 2.2 号样方云南莎草富集的 TN 最少, 同时 2.3 号样方稗的 TN 含量较低; 1.5 号样方凤眼蓝富集的 TP 最多, 2.1 号样方水蓼富集的 TP 最少, 同时 2.1 号样方和 3.1 号样方的水蓼、2.3 号样方稗和 3.3 号样方

双穗雀稗的 TP 含量均略低。

通过图 3 ~ 图 6 可知 3 个底泥堆场内优势种富集重金属污染物的数量级存在着 Hg < Cd < Cr < As < Pb < Cu < Zn 的关系, 这主要与重金属在植物体内存在形式的水溶性、植物能否对其利用以及重金属的挥发性三个条件有关。例如 Hg 具有一定的挥发性, 可以借由植物的蒸腾作用挥散至空气中, 所以植物体内的 Hg 含量较低, 而 Cu 和 Zn 是植物必须的元素, 所以在植物内的富集量远高于其他重金属。同时还可看出, 水生植物富集重金属的能力要高于陆生植物, 7 种重金属中 6 种的富集峰值出现在水生植物样方内, 同时全部 7 种重金属的富集最低值均出现在陆生植物样方内。

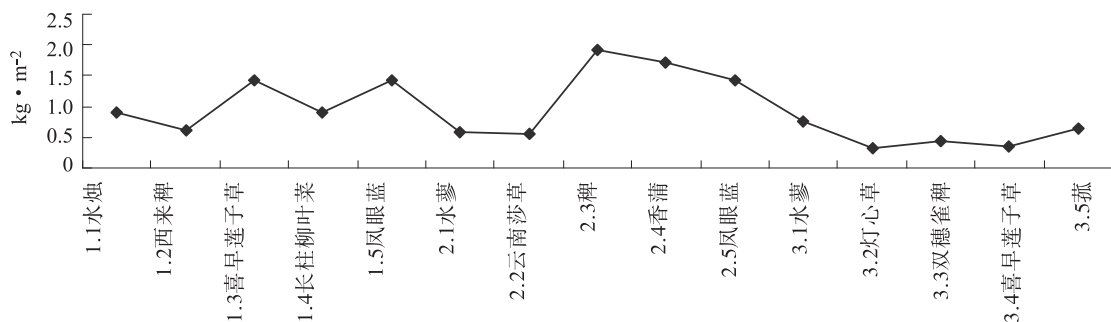


图 1 3 个底泥堆场内优势种单位样方内的生物量

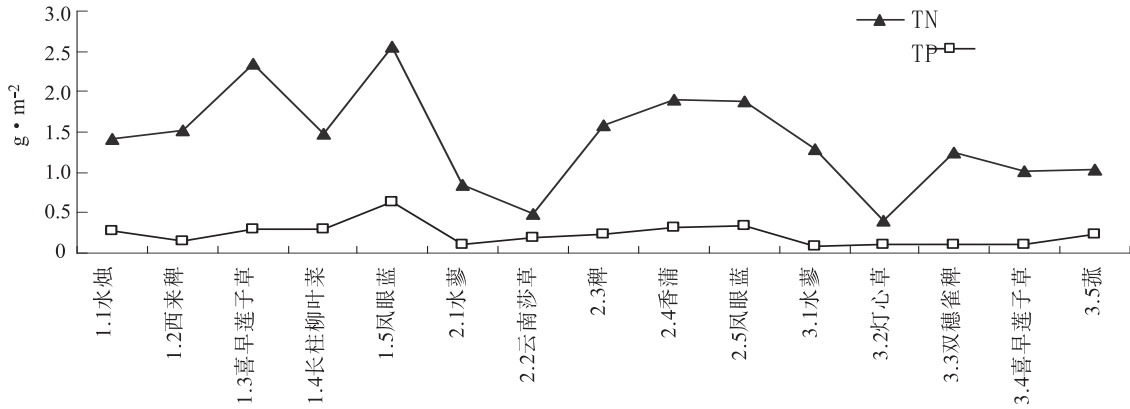


图2 3个底泥堆场内优势种单位样方内的总氮、总磷含量

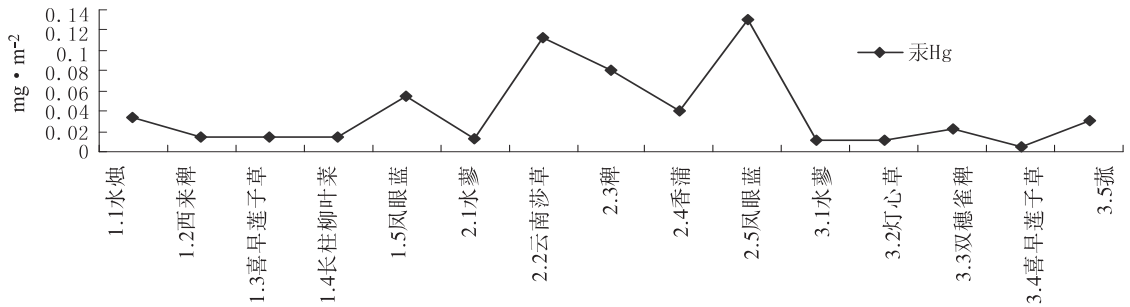


图3 3个底泥堆场内优势种单位样方内的汞Hg含量

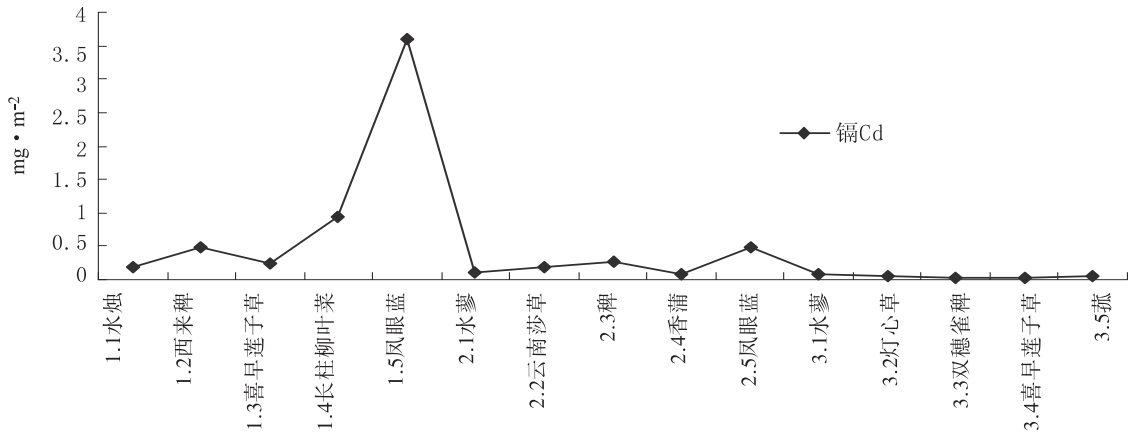


图4 3个底泥堆场内优势种单位样方内的镉Cd含量

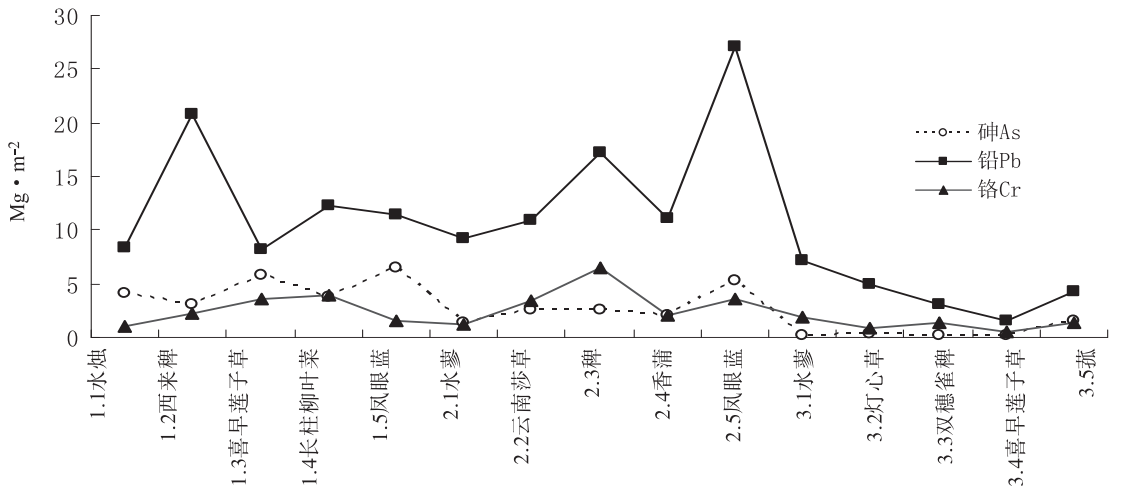


图5 3个底泥堆场内优势种单位样方内的砷As、铅Pb、铬Cr含量

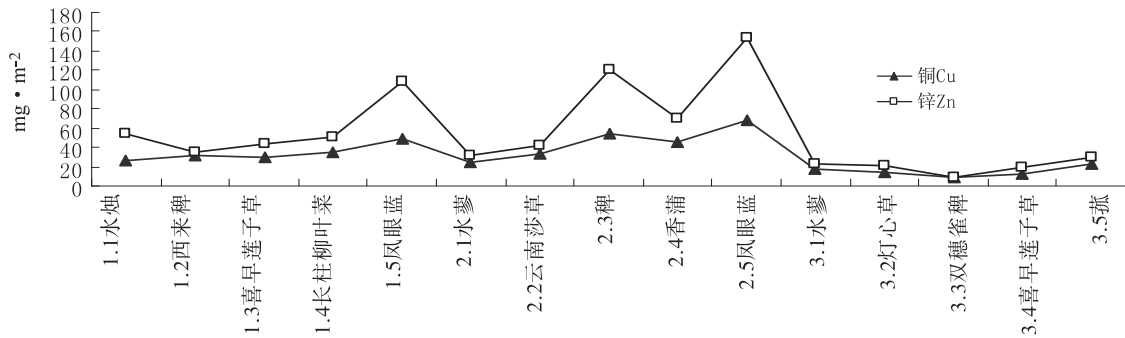


图6 3个底泥堆场内优势种单位样方内的铜Cu、锌Zn含量

利用图3~图6与图1进行植物优势种富集重金属能力曲线与生物量曲线的相关性数据比较: Zn (0.0002) < Cu (0.0003) < Pb (0.0007) < As (0.0036) < Cr (0.0042) < Cd (0.0091) < Hg (0.797)。其中除了Hg的富集曲线与生物量累积曲线有较高的相关性以外,其余污染物富集曲线与其生物量累积曲线的相关性均<0.01。

4 结论与讨论

4.1 滇池底泥堆场次生植被概况

3个滇池底泥堆场地理位置相近,生态背景基本相同,但由于构建时间前后以及堆积底泥的厚度有所差异,目前所呈现的表征亦有所不同:柳苑堆场目前呈现为表流湿地;福宝湾堆场呈现为潜流湿地;福宝塘堆场目前为半潜流半表流湿地,可以看作柳苑堆场与福宝湾堆场中间的过渡状态。调查数据表明:随着底泥堆场由表流湿地向潜流湿地过渡,植被的整体含水量逐渐减少,种群密度逐渐增加;3个底泥堆场优势种的生物量则随着样地堆场堆好后植被恢复的时间的增长而逐步减少。

4.2 滇池底泥堆场植被富集污染物的情况

通过调查发现3个滇池底泥堆场植被富集的污染物存在着柳苑堆场>福保塘堆场>福保湾堆场的梯度关系,即随着底泥堆场由表流湿地向潜流湿地过渡,植被富集的污染物逐渐减少。造成这一结果存在着两种可能:一是在底泥堆场由表流湿地过渡到潜流湿地的过程中,其上的植被不断地富集污染物,导致底泥内的污染物总量不断减少,使后期生长的植被能够富集的污染物远少于前期生长的植被;二是水生植物疏导速度和效率比陆生植物要高,因此水生植物对污染物的富集能力要高于陆生植物。

对滇池底泥堆场内所生长的植物优势种富集污染物能力曲线与生物量曲线的相关性数据比较: TN (0.0008) < TP (0.0050); Zn (0.0002) < Cu (0.0003) < Pb (0.0007) < As (0.0036) <

Cr (0.0042) < Cd (0.0091) < Hg (0.797)。其中除了Hg的富集曲线与生物量累积曲线有较高的相关性以外,其余污染物富集曲线与其生物量累积曲线的相关性均<0.01,证明之前关于TN、TP富集曲线与生物量曲线的相关性较高的猜测是错误的。同时发现植物优势种富集重金属能力曲线与生物量曲线的相关系数与优势种富集重金属能力平均值的大小顺序相反,也就是说单位样方内所有优势种富集某种重金属的平均值越高,则该重金属富集能力曲线与生物量曲线的相关性系数越低。

通过比较发现水生植物富集污染物的能力要高于陆生植物,9种污染物中8种的富集峰值出现在水生植物样方内,同时全部9种污染物的富集最低值均出现在陆生植物样方内。水生植物富集污染物能力最强的是凤眼蓝,其次是长柱柳叶菜和水烛;陆生植物富集污染物能力最强的是稗、云南莎草和水蓼。这与邓辅唐等在2005年得到的结果较为相符^[1]。水生植物富集污染物能力高于陆生植物的主要原因,应该与植物富集的污染物多为水溶性的分子或离子,而水生植物的含水量高于陆生植物有关。

综合考虑,在表流型底泥堆场内宜选用种植水生植物长柱柳叶菜和水烛,潜流型底泥堆场则可以考虑种植稗、云南莎草和灯心草,这几种植物既能较好地吸附底泥中的污染物质,又具有一定的观赏价值。但不建议选择凤眼蓝和水蓼,因为实地调查中发现这两种植物极易形成大面积的单一种群,不仅会造成堆场生物多样性的降低,而且会造成生物景观的破坏。

参考文献:

- [1] 鄢祖海,张黎,文雯. 加强水环境治理让湖泊休养生息——第十三届世界湖泊大会发言摘登(一) [N]. 中国环境报, 2009-11-04 (2).
- [2] 李倩. 昆明推出四措施治理滇池生态环境 [N]. 中国建设报, 2011-01-02 (3).
- [3] 金相灿,胡小贞,刘倩,等. 湖库污染底泥环保疏浚工程环评

- 要点探讨 [J]. 环境监控与预报, 2009, 10 (1).
- [4] 杨文龙, 杜娟, 黄永泰, 等. 滇池富营养化控制途径研究 [J]. 云南环境科学, 1991, (4).
- [5] 和丽萍, 陈异辉, 赵祥华. 云南高原湖泊污染底泥环境疏浚工程要点问题探析 [J]. 云南环境科学, 2006, 25 (S).
- [6] 彭咏梅. 疏浚底泥的资源化利用研究 [J]. 河北化工, 2007, 30 (10).
- [7] 卢云涛. 滇池草海污染底泥疏挖及处置工程效益分析 [J]. 云南环境科学, 1998, 17 (2).
- [8] 滑丽萍, 郝红, 李贵宝. 华路河湖底泥的生物修复研究进展 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3 (2).
- [9] 吕利军, 王嘉学, 袁花, 等. 滇池水体环境污染的综合研究 [J]. 云南化工, 2009, 36 (3).
- [10] 李立欣, 战友. 河湖底泥修复技术的研究进展 [J]. 黑龙江环境通报, 2008, 32 (4).
- [11] 邓辅唐, 徐颂军, 徐祥浩, 等. 滇池治理人工湿地植物的筛选与应用研究 [J]. 中山大学学报, 2005, 44 (S).

Investigation on the Pollutants Absorbed by the Secondary Vegetation Growing on Sediment Storage Area of Dianchi Lake

WANG Han-mo¹, Bai Tao², XIAO Dan², HE Jie²

(1. Institute of Medicinal Plants of Yunnan Academy of Agricultural Science, Kunming Yunnan 650223, China)

Abstract: The investigation on the key ecological characteristics of dominant plants growing on sediment storage area of Dianchi lake and the pollutants absorbed by those dominant plants was performed. The results showed that the water content of vegetation gradually decreased and the pollutant amount of vegetation gradually increased with the sediment storage area of Dianchi lake from surface flow wetland turning to subsurface flow wetland. The biomass of dominant plants growing on the three sediment storage area was reducing with the vegetation restoration. The capability of some heavy metals absorbed by dominant plants with the biomass of the dominant plants correlation coefficient ($Zn < Cu < Pb < As < Cr < Cd < Hg$) was reducing with the capability increased. The Hg absorbed with biomass of the dominant plants had a higher correlation coefficient. The ability of pollutants absorbed by aquatic plants was better than the land plants. The best aquatic plants which absorbed pollutants on the sediment storage area of Dianchi lake were *Eichhornia crassipes*, *Epilobium blinii* and *Typha angustifolia* lesser. The best land plants of pollutants absorbed on the sediment storage area of Dianchi lake were *Echinochloa crusgalli*, *Cyperus duclouxii* and *Polygonum hydropiper*.

Key words: sediment storage area; secondary vegetation; absorption of pollutants; Dianchi lake

滇池人工湿地水生植物组合探讨

陈奕蓉

(西山区人民政府福海街道办事处, 云南 昆明 650228)

摘要: 通过对比滇池湿地中的 11 种水生植物对滇池水体中的主要污染物总磷、总氮、氨氮的净化能力, 兼顾考虑它们对滇池蓝藻中的主要种类: 微囊藻、鱼腥藻、束丝藻的克藻作用以及它们的经济价值, 探讨改善滇池水生生态环境的合适植物种类搭配。

关键词: 水生植物; 净化; 组合; 滇池

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0051-04

近年来, 富营养化已经成为全球性的环境问题, 几乎所有的湖泊和城市景观水体都存在着不同程度的富营养化^[1], 滇池也不例外。滇池位于昆明市主城区的下游方向, 是昆明盆地的汇水中心, 每年入湖径流携带大量的污染物质进入湖泊。滇池换水周期长, 湖水自净能力低, 生态系统脆弱^[2]。

生态恢复已成为全球淡水生态系统研究的前瞻性研究领域, 生态工程被认为是生态恢复的最佳工具, 业已证明, 生态工程可以改善富营养化湖泊的局部水质、修复局部生态系统^[3]。利用水生植物的生态恢复工程在治理水体富营养化方面发展前景良好。水生植物净化受污染水体成本低、对环境扰动小, 有利于保护和改善原有环境^[4]。

自 20 世纪 60 年代起, 国内外的学者们就相继

采用水生植物进行污水治理的研究。治理富营养化水体的多种措施中, 利用水生植物的方法, 因其有良好的净化效果、独特的经济效益、能耗低、简单易行及有利于重建和恢复良好的水生生态系统等特点, 正日益受到人们的关注^[5,6]。水生植物能否发挥其最大的进化及应用潜力, 关键在于植物种类的选择和植物群落的搭配。

1 滇池水质污染现状及突出问题

1.1 水质现状及主要污染物指标

2010 年一季度滇池水质改善及治理情况公告公布的数据 (见表 1) 显示: 滇池草海水质类别总体劣于 V 类, 综合营养状态指数为 76.5。滇池外海水质类别总体劣于 V 类, 主要监测指标中总氮、总磷超过 V 类水标准, 综合营养状态指数为 66.4。

表 1 2010 年 1 季度滇池水质状况公告^[7]

测点	透明度/m	水质类别	水功能类别	营养状态指数	主要污染指标
滇池草海	0.78	> V	V	76.5	氨氮、总氮、总磷、五日生化需氧量
滇池外海	0.36	V	V	66.4	总氮、总磷

数据表明滇池已经属于重度富营养化的水体。针对目前滇池水体富营养状态, 以及滇池自身的地理因素, 利用化学、物理的水体净化方式, 无法帮助其自身恢复水体自净能力, 所以经比较国内外的治理经验, 笔者认为利用水生植物净化滇池水体, 帮助恢复水体自净功能符合可持续发展的要求。

1.2 水体富营养化导致蓝藻暴发

滇池水体氮、磷含量相对较高, 水体富营养化严重, 养分充足, 而水体富营养化所带来的一个突出问题就是蓝藻的暴发^[8]。有调查表明: 蓝藻是

一种低等的水生浮游植物, 种类有微囊藻、束丝藻、鱼腥藻等, 其中微囊藻危害最大, 它死亡后会产生产毒素。滇池中微囊藻 (Microcystis)、鱼腥藻 (Anabaena) 及束丝藻 (Aphanizomenon) 为主要优势种群。其中微囊藻属是最常见种, 水华暴发期间, 绝大部分时间以微囊藻水华为主^[9]。

2 滇池人工湿地植物选择根据

水生植物能直接吸收利用污水中的营养物质, 供其生长发育。在人工湿地净化污水过程中, 植物最主要发挥 3 个重要作用: 直接吸收利用污水中可利用的营养物质, 吸附和富集重金属和一些有毒有害物质, 将其转化为自身的生物量; 为根际微生态

环境好氧微生物输送氧气，满足根际微生物生长、繁殖和降解对氧的需求；植物的根系有助于增强和维持基质的水力传输能力^[10]。有实验结果表明，多种植物合理的搭配，较单一植物具有较好的处理效果，混合种不仅使湿地的净化率提高，且净化效果更稳定。根据国内外研究经验，结合滇池的地理环境，滇池人工湿地的水生植物选取及搭配主要考虑三方面因素：

- (1) 有利于降低污染物指标；
- (2) 适宜本地栽种；
- (3) 具有一定经济价值，可持续发展。

笔者从适宜本土生长的植物中选取了11种植物，如：挺水植物芦苇、香蒲，浮水植物浮萍、水花生、水芹菜、水雍菜，沉水植物菹草、狐尾藻、

苦草、金鱼藻等。每种植物各有优势，在此列出以供参考。

2.1 种类搭配过程中充分考虑化感因素

“化感作用 (allelopathy)”一词由 Molisch 于 1937 年首次提出，后来 Rice 将其定义为一种植物通过向环境中释放化学物质影响其它生物生长的现象^[11~12]。这类化学物质称为化感物质。大量的现场试验以及实验室研究都表明水生植物的化感抑制作用是普遍存在的。有研究已经发现几十种水生植物具有化感抑制作用，如苦草、金鱼藻、凤眼莲、穗花狐尾藻、马蹄莲、石菖蒲、芦苇、芦竹、浮萍、满江红、紫萍、灯芯草等水生植物都具有较强的抑藻作用^[13]。表2有针对性地列出了能抑制滇池重点藻类的水生植物。

表2 具有化感抑藻作用的水生植物及其有效抑制藻类^[13]

生活类型	植物名称	有效抑制藻类
挺水植物	石菖蒲 香蒲 芦苇 灯心草	水华鱼腥藻，四尾栅藻，纤细裸藻等多种蓝藻，绿藻 小球藻，铜绿微囊藻 铜绿微囊藻，蛋白核小球藻 羊角月牙藻
浮水植物	凤眼莲，水花生，水浮莲，满江红，浮萍，紫萍 藻大 槐叶萍	雷氏衣藻，斜生栅藻 多种蓝藻，绿藻，金藻，红藻 铜绿微囊藻，蛋白核小球藻
沉水植物	密刺苦草，石龙尾，菹草，尖叶眼子菜，穗状狐尾藻， 水蕴草 金鱼藻，大茨藻 穗花狐尾藻，互花狐尾藻，轮叶狐尾藻，巴西茛 微齿眼子菜 黑藻 苦草	铜绿微囊藻，水华鱼腥藻，小席藻 鱼腥藻，铜绿微囊藻 铜绿微囊藻等蓝藻 铜绿微囊藻 铜绿微囊藻 铜绿微囊藻

上述水生植物中石菖蒲、香蒲、芦苇、槐叶萍、苦草、菹草、穗状狐尾藻、金鱼藻等均能有效抑制滇池蓝藻的主要种类微囊藻。

2.2 水生植物对水体中主要污染物的去除率优选物种

准确选择植物种类是达到最佳净化效果的关键，不同植物其生长特点不同，对污水的净化能力不同，即使具有相同生长特性的植物也会因为从属于不同的科属而具有不同的去污能力（陈耀东等，1990）。

2.2.1 挺水植物比较

以象草、美人蕉、芦苇、香蒲为例^[14]。这4种植物湿地去除总氮的能力随季节变化：5、6月份为象草湿地 > 美人蕉湿地 > 香蒲湿地，8~12月

为美人蕉、芦苇湿地 > 象草湿地 > 香蒲湿地。对总磷的去除能力随着植物长势和季节有所变化，5、6月份象草湿地 > 香蒲湿地 > 美人蕉、芦苇湿地，8月以后植物对总磷的去除能力顺序为芦苇、美人蕉 > 象草 > 香蒲。去除氨氮能力随植物长势和季节而变化，5、6月份象草最好，去除率达97%，其次是芦苇和美人蕉，香蒲最差；9~12月美人蕉和芦苇效果最好，其次象草 > 香蒲。

总的说来，一年中以芦苇湿地和美人蕉湿地的净化效果较好，象草湿地次之，香蒲湿地较差。

2.2.2 浮水植物比较

K. R. Reddy 等研究了凤眼莲等几种水生植物净化污水的能力，结果发现，夏季水生植物除氮效果的顺序为：凤眼莲 > 浮莲 > 水鳖 > 浮萍 > 槐叶

萍 > 紫萍 > egeria, 而冬季的顺序为: 水鳖 > 凤眼莲 > 浮萍 > 浮莲 > 紫萍 > 槐叶萍 > egeria, 夏季除磷效果最好的是凤眼莲和 egeria, 冬季除磷效果最好的是水鳖和浮萍^[15]。由文辉等^[16]在富营养化水体中利用人工基质无土栽培水生植物净化水质, 静态试验结果表明, 在 5 ~ 10 月, 水雍菜对 TN、TP 的去除率分别为 81.32%、94.77%。水雍菜、水芹、睡莲、荷花、茭白和菱对不同原水中总氮的去除率分别为 61.1%、20% ~ 25%、20%、16.6%、30.2% 和 18.9%, 对总磷的去除率分别为 80.5%、70%、10%、24.4%、33.3%、34.2%^[17]。针对同类水质凤眼莲往往表现出比其它同类植物更好的净化效果。在对 2.5、6.5 和 16.1 mg/L 的蔡污水处理中, 各植物对其 7d 净化率分别为凤眼莲 97.1%、93.7% 和 90.4%, 水花生 88.4%、79.2% 和 71.7%, 浮萍 64.1%、54.9% 和 42.7%, 紫萍 48.0%、41.2% 和 32.7%^[18]。

2.2.3 沉水植物比较

许多沉水植物都具有较好的污水净化能力, 金鱼藻、狐尾藻、微齿眼子菜、马来眼子菜、凤眼莲、苦草等 6 种植物对养鱼池污水净化试验结果表明, 6 种水生植物对水中总氮、总磷和硝态氮有较好的去除效果, 磷的去除率都达到了 91.7%。对氨氮的去除效果稍差, 1 个月时去除效果只有 14% ~ 70%^[19]。

苦草具有较好的除氮去磷作用。例如, 8 种常见沉水植物对草海水体氮、磷去除能力试验结果表明, 8 种植物对水体总氮、总磷的平均去除率分别

为 87.7%、81.4%。水体总磷浓度随时间变化呈负指数衰减。去除总磷能力由大到小顺序为伊乐藻 > 菹草 > 苦草、金鱼藻 > 轮藻、微齿眼子菜、鼈齿眼子菜 > 狐尾藻, 随着时间的延长, 水体中 TP 的去除率不断提高^[20]。

但因沉水植物一般原生于水质清洁的环境, 其生长对水质要求比较高, 因此沉水植物只能用作人工湿地系统中最后的强化稳定植物, 以提高出水水质。

2.3 综合考虑水生植物经济价值

(1) 发酵制沼气或沤肥。水生植物, 主要包括水葫芦、水花生、水浮莲、其它水草和藻类等, 这些水生植物利用太阳能的能力很强, 繁殖速度快、产量高。由于组织鲜嫩, 容易厌氧分解, 作沼气原料产气快、周期短。

(2) 作造纸原料。芦苇作为造纸原料已经得到广泛应用, 另据国外资料报道^[21], 菲律宾每年用水葫芦作造纸原料, 将水葫芦变废为宝, 加以利用, 节省了大量木材。

(3) 作土壤肥料和改良剂。水葫芦经沤肥后也是一种优质的有机肥料, 不但改善土壤环境, 而且可以综合土壤的酸碱度, 也是土壤的有效改良剂。

通过对挺水、浮水、沉水植物去除滇池主要污染物的能力比较以及结合这些水生植物的化感克藻作用, 笔者综合研究考虑认为表 3 中 9 种植物具有相对搭配优势。

表 3 具有相对搭配优势的植物

	去除 TN 效果好的品种	去除 TP 效果好品种	去除氨氮效果好品种	化感去除藻类品种
挺水植物	芦苇、美人蕉	芦苇、美人蕉		铜绿微囊藻
浮水植物	水雍菜、水花生、水葫芦	水雍菜、水花生、水葫芦、浮萍	水雍菜、水花生、水葫芦	
沉水植物	苦草、菹草、金鱼藻	苦草、菹草、金鱼藻		铜绿微囊藻、鱼腥藻

3 结语

水生植物能够有效地净化富营养化水体, 提高水体的自净能力, 具有良好的应用前景和价值。但是水生植物能否发挥其最大的净化及应用潜力, 关键在于植物种类的选择和植物群落的搭配。滇池水体属于重度富营养化水体, 通过比较, 笔者认为选择的水生植物既能适应富营养化水体还能有效抑制滇池蓝藻主要种类, 降低藻类对水体的危害, 通过吸收并利用水体中的氮、磷、氨氮等主要污染物,

将其转化到植物体中, 通过收割、打捞等手段达到有效去除主要污染物的效果, 且植物残体能够被利用产生较好的经济效益。此外, 如何在水生植物的最佳收割期收割达到最大净化效果、合理控制防止植物逃逸及后续利用方面也值得今后做进一步探讨。

致谢: 本文承陈云进高级工程师审阅, 深表感谢!

参考文献:

[1] 胥勤勉, 杨达源, 董杰, 等. 滇池水环境治理的“调水”“活

- 水”工程 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15 (1).
- [2] 李小平. 美国湖泊富营养化的研究和治理 [J]. 自然杂志, 2002, 24 (2).
- [3] 孙刚, 盛连喜. 湖泊富营养化治理的生态工程 [J]. 应用生态学报, 2001, 12 (4).
- [4] 刘松岩, 何涛, 周本翔. 水生植物净化受污染水体研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (19).
- [5] 吴玉树. 根生沉水植物菹草对滇池水体的净化作用 [J]. 环境科学学报, 1991, 11 (4).
- [6] 齐玉梅, 高伟生. 凤眼莲净化水质及其后处理工艺探讨 [J]. 环境科学进展, 1990, 7 (2).
- [7] 滇池污染综合治理协调领导小组办公室. 2010年一季度滇池水质状况及治理情况公告 [N]. 昆明日报, 2010-05-18.
- [8] 方红云. 浅析滇池蓝藻暴发原因 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29 (增刊1).
- [9] 万能, 宋立荣, 刘剑彤. 滇池藻类生物量时空分布及其影响因素 [J]. 水生生物学报, 2008, 32 (2).
- [10] 成水平, 吴振斌, 况琪军. 人工湿地植物研究 [J]. 湖泊科学, 2002, 14 (2).
- [11] RICE E L. Allelopathy [M]. London: Academic Press, 1984.
- [12] 林嵩, 翁伯琦. 外来植物化感作用研究综述 [J]. 福建农业学报, 2005, 20 (3).
- [13] 洪喻, 胡洪营. 水生植物化感抑藻作用研究与应用 [J]. 科学通报, 2009, 54 (3).
- [14] 杨琼. 人工湿地对生活污水的进化效果与优势植物筛选研究 [D]. 广州: 华南师范大学, 2003.
- [15] 吴献花. 人工湿地处理污水的机理 [J]. 玉溪师范学院学报, 2002, 18 (1).
- [16] 由文辉, 刘淑媛, 钱晓燕. 水生经济植物净化受污染水体研究 [J]. 华东师范大学学报, 2000, 3 (1).
- [17] 孙文全. 水耕蔬菜型人工湿地的应用研究 [D]. 南京: 东南大学, 2004.
- [18] 刘建武, 林逢凯. 水生植物净化生活污水能力研究 [J]. 上海环境科学, 2002, 21 (7).
- [19] 童昌华, 杨肖娥. 富营养化水体的水生植物净化试验研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (8).
- [20] 乔建荣, 任久长. 常见沉水植物对草海水体总磷去除速率的研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1996, 32 (6).
- [21] 周春祥, 郎玉农, 李海, 等. 水生植物净化污水 [J]. 农业环境与发展, 2009, (5).

Discussion on Hydrophyte Combination Planted in Man – made Wetland in Dianchi Lake

CHEN Yi – rong

(Fuhai Street Office of Xishan People’s Government, Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: The purification abilities of eleven kinds of hydrophytes on absorbing the main pollutants involving in TN、TP and NH₃ – N were compared in Dianchi lake. The main algae types in Dianchi lake including microcystis and anabena and aphanizomenon were also be concerned to be controlled by the plants. The hydrophyte combination that could be the most suitable plants was discussed in order to improve the water quality.

Key words: hydrophyte; purification; combination; Dianchi lake

昆明市中水再生处理及回用现状调研

温东辉¹, 丁 嫚¹, 龚询木², 张云晋², 刘志勇², 宋文义², 柏耀辉¹, 谢曙光¹

(1 北京大学环境科学与工程学院, 北京 100871; 2 昆明市计划供水节约用水办公室, 云南 昆明 650051)

摘要: 对昆明市主城区的中水设施建设、运行管理、处理效果、经济投入开展调研, 总结和分析了现有中水再生处理及回用系统在技术、管理和经济方面的经验和问题, 提出了对策, 认为为使昆明市中水事业更加持续高效, 需要省、市政府相关部门给予更大力度的支持。

关键词: 中水; 回用; 调研; 昆明市

中图分类号: X26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0055-06

1 概述

中水 (reclaimed water 或 grey water), 是指城市各种排水经处理后, 达到规定的水质标准, 可在生活、市政、环境等范围内杂用的非饮用水^[1]。当前, 在全球气候变化的影响以及社会经济压力的压力下, 世界上很多城市面临水荒威胁, 城市污水经处理后的再利用成为一种必然选择。

从 20 世纪 60 年代起, 国外许多国家先后对城市污水进行再生与回用的技术研究和实际应用, 使城市污水逐渐成为一种新的水资源^[1,2]。以日本为例, 日本是淡水资源严重缺乏的国家, 所以非常重视发展中水事业, 城市污水厂的处理水也被定位于“城市中丰富的水资源”的重要地位, 其再生回用量逐年增加。日本的特色主要体现在建设中水道系统供给杂用水, 工业用水还有专门的工业水道。早在 20 世纪 80 年代中期, 日本的城市污水回用量就达到了 $0.63 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ^[3]。

在我国, 最早开展污水回用的是楼宇中水的再利用。办公楼、宾馆、饭店和生活小区等的排水就地净化后, 回用于冲厕、洗车、消防、绿化等用途。早在 1982 年青岛市就将中水回用于市政及其它杂用用途, 以缓解城市所面临的淡水危机; 从 1984 年起, 北京市开展了建筑中水回用的技术研究, 陆续开始建设实际中水处理与回用系统设施, 并不断制订相应的规定和水质标准^[4]; 借鉴其他城市的经验, 昆明市政府于 2003 年颁布《昆明市城市中水设施建设管理办法》, 中水事业自 2007 年

进入快速发展时期, 截止 2010 年 8 月, 已建中水单位达到 253 家, 在建 600 多家。

为掌握昆明市建筑中水处理和回用的现状, 本研究对昆明市主城区的中水设施建设、运行管理、处理效果、经济投入等开展了调研, 总结和分析现有中水再生处理系统在技术、管理和经济方面经验和存在的问题, 期望调研结果对改善和推进昆明市中水回用、削减污染物排放及缓解昆明市缺水现状起到积极的推进作用。

2 研究方法

收集昆明市主城区 (包含盘龙区、五华区、官渡区和西山区等) 全部 253 家中水站的基本信息, 对目前正常运转的中水站发放调研问卷, 问卷涉及设施基本情况、设施处理能力及费用情况、操作管理情况和中水操作工人情况等。

收集最近一年昆明市节水办对全市中水站水质的定期抽检报告, 根据我国城市杂用水水质标准 (GB/T 18920-2002) 和景观环境用水水质标准 (GB/T 18921-2002), 对抽检的水质达标情况进行统计分析。

考虑地区分布、楼宇性质、处理规模、回用用途及中水处理主体工艺等因素, 选择主城区具有代表性的 36 家中水站 (见表 1) 实地考察, 访谈管理和操作人员。再从中选取具有典型工艺的 6 家中水站, 在不同月份采集其水样并进行水质分析。TOC 以 TOC 分析仪 (岛津 TOC-V CPH) 分析, NH_4^+ -N、TN、TP 分别以水杨酸-次氯酸盐光度法、过硫酸钾氧化-紫外分光光度法和钼锑抗分光光度法^[5] (岛津 UV-2401PC 紫外-可见分光光度仪) 分析, 微生物指标以酶底物法 (Colilert 试剂^[6]) 分析。

收稿日期: 2011-04-13

基金项目: “十一五” 国家科技重大专项课题 (2009ZX07102-002-01)。

作者简介: 温东辉 (1967-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为水污染控制与环境生物技术。

综合上述问卷信息和水质检测结果,分析昆明市题,并提出政策建议和技术对策。
市中水再生处理及回用状况,总结经验 and 发现问

表1 昆明主城区具有代表性的36家中水站基本信息

编号	单位性质	城区	主体工艺	水源
1	学校	盘龙区	生物处理法	生活污水
2	机关或企事业单位	盘龙区	膜处理工艺	杂排水
3	机关或企事业单位	盘龙区	生物处理法	工业废水
4	高级宾馆	盘龙区	生物处理法、膜处理工艺	生活污水
5	住宅公寓或小区	盘龙区	生物处理法	生活污水
6	学校	盘龙区	生物处理法	生活污水
7	机关或企事业单位	盘龙区	膜处理工艺	优质杂排水
8*	机关或企事业单位	五华区	接触氧化法	生活污水, 生产废水
9*	学校	五华区	接触氧化法	生活污水
10	住宅公寓或小区	高新区	生物处理法	生活污水
11	商场	五华区	生物处理法, 膜处理工艺	杂排水
12	住宅公寓或小区	五华区	膜处理工艺	杂排水
13*	学校	五华区	SBR	生活污水
14	学校	五华区	生物处理法, 膜处理工艺	生活污水
15	住宅公寓或小区	五华区	膜处理工艺	生活污水
16	机关或企事业单位	五华区	生物处理法, 膜处理工艺	生活污水
17	商务写字楼	官渡区	膜处理工艺	生活污水(除杂排水外, 还包括粪便污水)
18	学校	官渡区	生物处理法、膜处理工艺	生活污水
19	机关或企事业单位	官渡区	物化处理法	洗车废水
20	学校	官渡区	人工湿地	生活污水
21	住宅公寓或小区	西山区	生物处理法、膜膜处理工艺	生活污水
22	会展中心	官渡区	物化处理法, 生物处理法	生活污水
23	住宅公寓或小区	官渡区	生物处理法, 物化处理法	生活污水
24	住宅公寓或小区	官渡区	生物处理法、物化处理法	生活污水
25	学校	呈贡县	膜处理工艺	生活污水
26	企事业单位	西山区	生物接触氧化、物化	洗车水
27	学校	西山区	生物处理法	杂排水
28	小区	西山区	膜处理工艺	生活污水
29	小区	西山区	一体化生物膜	生活污水
30*	企事业单位	西山区	一体式 MBR	生活污水、洗车水
31*	高级休闲中心	西山区	ICEAS	优质杂排水、生活污水
32	别墅小区	西山区	生物处理法	生活污水
33*	企事业单位	西山区	分置式 MBR	生活污水
34	小区	西山区	物化处理法	生活污水
35	学校	西山区	膜处理工艺	生活污水
36	小区	西山区	膜处理工艺	生活污水

* 选取的具有典型工艺的6家中水站, 采集其水样做进一步分析。

3 调研结果

3.1 昆明市部分中水水质定期抽测结果

根据昆明市节水办对全市中水站水质的定期抽检报告, 以不同的回用途径, 分别按照城市杂用水水质(GB/T 18920 - 2002)和景观环境用水水质

(GB/T 18921 - 2002)的标准, 统计回用水水质的达标情况。

统计结果表明: 对于回用于城市杂用的中水, 在所有抽检样中, 溶解性总固体指标均未超标, 阴离子表面活性剂指标仅有少数超标, 其他水质指标

均有不同程度的超标。对于反映生物安全性的微生物指标总大肠菌群和粪大肠菌群，抽检频率大约为常规水质抽检频率的一半，但超标现象较常规水质严重。对于回用于景观的中水，阴离子表面活性剂有极少数超标，其他指标均有不同程度的超标现象，微生物指标的超标现象也较为严重。

3.2 36家中水站的调研结果

3.2.1 中水处理规模

在掌握基本情况后，重点走访了36家中水站，处理规模从10~3000 m³/d不等。但较多中水站的实际中水处理量远低于设计中水处理量；有19家单位将处理后的中水全部回用，而其他家单位需要补充自来水以满足杂用需求，补水量由2.73至600~700 m³/d不等。

3.2.2 中水水源和回用途径

在36家中水站中，69%的中水站原水为生活污水（包括粪便污水和厨房排水等高浓度污水），仅有3%为优质杂排水（冷却水、泳池排水、沐浴排水、盥洗排水、洗衣排水等污染较轻的排水），还有一部分中水来源不唯一，如生活污水和洗车废水的混合水、生活污水和生产废水的混合水等。

36家中水站中有75%的单位以多种途径进行中水回用，回用途径包括：绿化和浇洒（94%）、冲洗厕所（47%）、景观环境用水（28%）、清扫（14%）以及洗车（19%）。

3.2.3 主体处理工艺

经调研发现，昆明市中水处理的工艺多种多样，其中主体工艺运用最多的是膜处理工艺法，包括连续膜过滤（Continuous Membrane Filtration, CMF）和膜生物反应器（Membrane Bioreactor, MBR）等，其中膜生物反应器的典型工艺流程为：格栅→预曝气调节池→膜生物反应器→消毒。

其次是生物处理法，如生物接触氧化法、生物膜法和SBR及其衍生工艺（如ICEAS），其中生物接触氧化法的典型工艺为：格栅（网）→预曝气调节池→接触氧化池→过滤→吸附→消毒。

再次是物化处理法，多用混凝-沉淀法，适用于优质杂排水或洗车废水等污染程度不高的原水，其典型的工艺流程为：格栅→预曝气调节池→沉淀池→过滤→消毒。

此外，有30%的中水站运用组合工艺，如ICEAS+CMF工艺、曝气生物滤池+砂滤工艺；还有个别使用了生态型处理技术，如人工湿地。

3.2.4 消毒方式

在36家中水站中，97%的单位使用药剂消毒方式，其中最多采用的消毒剂是次氯酸钠（61%），其次是二氧化氯（21%），还有少量使用了氯气、臭氧等。紫外消毒方式仅占3%。

在药剂消毒的中水站中，使用自动投加方式的占到86.2%，人工投加方式为13.8%。结合中水处理水量，计算得出消毒剂的用量从0.003~3.75 kg/m³不等，消毒剂的用量差异非常大。

3.2.5 中水处理设备维护情况

调查中有30家中水站反馈了有关设备维护的情况。其中只有1家单位有备用设备，当在用设备损坏时可暂以备用设备代替。有43%的单位保持每年检修1~2次的正常频率；有4家单位需要每月检修设备；另有23%的单位没有进行过检修工作。须特别指出的是有29.4%的单位对消毒单元的加药设备未设置检修。

3.2.6 中水操作工人个人防护情况

在调查中，被访的操作工人反映有的中水站在空气污浊和不良气味、噪声问题严重等工作环境问题，个别单位在操作工人的安全防护方面存在不足，此外有18%的单位存在工人没有体检、没有培训就上岗的情况。

3.2.7 中水处理运行成本

在所调查的36家中水站中，处理成本（不含折旧费）为0.3~10元/m³，单位间的成本差距非常大。处理吨水的耗电量为0.002~5kW·h，差距同样非常大。但在走访中，87%的中水站管理人员及操作人员认为目前中水的处理成本是可以接受的，且处理水质达标后，可以申请领取0.7元/m³的补助，只有13%的中水站认为处理成本偏高。

3.2.8 中水站运行和监管情况

对于被调查的中水站，几乎都有固定的操作人员配置，且有较为固定的班次，操作工人大多为1~3人，但工人文化素质普遍较低。

这些中水站中，80%以上的单位有高层职位的人员（如动力部/物业部主任、工程部主管、工程师和经理等）分管中水工作；除了2家之外，其他单位均制定了专门的中水管理规程；80%单位有操作记录；但仅有7家单位有水质（浊度、色度、游离余氯等）自检工作。

昆明市节水办每月对全市申报“再生水利用专项资金补助”的单位进行水质检测，滇管局、昆明市环保局及昆明排水监测站等机构还不定期进行抽测、监督和管理。

3.3 昆明市6家典型工艺的中水站水质检测结果
子课题组在走访的36家中水站中选择了6家，
其处理工艺分别为接触氧化法、MBR和SBR，均

为目前昆明市中水处理的典型工艺。6家中水站的基本信息如表2所示。

表2 6家典型工艺中水站的基本信息

单位 编号	单位 属性	处理规模/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$		中水水源	回用途径	主体工艺	消毒情况		运行成本 /元· m^{-3} (不含折旧费)	备注
		设计 水量	实际处 理水量				消毒方式	消毒剂 投加量 / $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$		
8	烟厂	3000	493	生活污水、 生产废水	绿化、浇洒；景观 用水	接触氧化	二氧化氯	10	10	
9	中学	100	100	生活污水	冲洗厕所，清扫， 绿化、浇洒	接触氧化	次氯酸钠	5~10	4	有工人出现过肠胃 疾病等情况。
13	大学	1000	900	生活污水	冲洗厕所，绿化、 浇洒	SBR	次氯酸钠	2.8~3.3	0.7	
31	体育场馆	700	200	生活污水、 优质杂排水	绿化、浇洒	ICEAS	三氯异氰尿酸	10	-	出现水泵腐蚀、风 机缺油等问题。
30	汽车4S店	50	20	生活污水、 洗车废水	绿化、浇洒，冲洗 车辆	一体式 MBR	次氯酸钠	-	0.3	出现过水泵腐蚀的 问题。
33	化工厂	300	300	生活污水	绿化、浇洒	分置式 MBR	三氯异氰尿酸	-	0.48	出现过水泵腐蚀的 问题。

在不同月份采集6家中水站的进、出水水样，检测了TOC、TN、TP和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度以及微生物学指标，发现处理效果均不够稳定，其中5月份水样检测结果如表3、表4所示。由表可见，6家单位的进水水质差别较大，同时由于主体处理工艺不同、消毒药剂不同、管理水平差异，使得处理效果差距较大。

8号单位（某烟厂）因生产规模大幅度缩减而导致中水水源水量锐减，实际处理水量远远小于原设计水量，使中水处理成本很高。其进水（生活污水和生产废水的混合水）浓度适中，中水处理系统（生物接触氧化法）完整且运行良好，管理也较为严格，处理出水水质较好，可以达到杂用和景观环境用水水质的要求。

9号单位（某中学）的进水（生活污水）水质远劣于其他家的进水。其中水处理工艺（生物接触氧化法）对有机物和磷有较好的去除效果，但除氮效果不佳。消毒单元（投加次氯酸钠）可能存在一定问题，使出水中尚存在数量较多的肠道细菌，总菌落数量也很高，其回用存在较大的健康风险。

13号单位（某大学）的进水（生活污水）水质较优。中水处理系统（SBR工艺）运转较好，处理成本适中，出水水质较好，可以达到其回用途径（冲厕、绿化和浇洒）所要求的水质标准。

31号单位（某体育场馆）进水（生活污水与优质杂排水的混合水）污染物浓度并不高，但碳氮比异常，使得中水处理系统（ICEAS工艺）总氮脱除率较低。消毒单元（投加三氯异氰尿酸）可能存在一定问题，使出水中尚存在一定数量的肠道细菌，总菌落数量也偏高，其回用存在一定的健康风险。

30号单位（某汽车4S店）进水（生活污水与洗车废水的混合水）污染物浓度较适中，中水处理系统（一体式MBR工艺）运转较好，处理成本较低廉，出水水质较好，可以达到其回用途径（绿化、浇洒和冲洗车辆）所要求的水质标准。

33号单位（某化工厂）进水（生活污水）污染物浓度适中，但中水处理系统（分置式MBR工艺）的总氮和总磷去除率均较低。消毒单元（投加三氯异氰尿酸）可能存在一定问题，使出水中存在数量较多的肠道细菌，总菌落数量也偏高，其回用存在较大的健康风险。

4 结论与建议

昆明市自2007年开始全面发展中水事业，在短短4a中已取得丰硕的成果，中水再生处理及回用在技术经济上积累了经验，为昆明市水资源合理利用和水污染源头控制做出重要贡献。根据目前获得的调研结果，我们发现以下值得关注的现象：

表3 6家典型工艺中水站的常规水质检测结果

(mg/L)

污染物指标		单位编号					
		8	9	13	31	30	33
TOC	进水	27.97	277.6	40.5	10.96	32.84	35.35
	出水	6.987	1.749	4.341	4.511	3.062	14.35
	去除率/%	75.02	99.37	89.28	58.84	90.68	59.40
TP	进水	5.39	27.38	2.8	8.62	2.68	6.39
	出水	0	3.59	0	0.91	0.63	4.12
	去除率/%	100	86.89	100	89.44	76.49	35.52
NH ₃ -N	进水	26.48	72.02	35.44	60.68	26.00	44.04
	出水	0.08	67.4	0.077	0.06	0.086	0.455
	去除率/%	99.70	6.41	99.78	99.90	99.67	98.97
TN	进水	44.63	86.98	43.43	68.54	31.34	49.86
	出水	1.58	70.00	0	16.16	7.66	16.34
	去除率/%	96.46	19.52	100	76.42	75.56	67.23

表4 6家典型工艺中水站的微生物水质指标检测结果

(MPN/100 ml)

微生物学指标		单位编号					
		8	9	13	31	30	33
总大肠菌群	进水	8.664×10^7	9.804×10^7	1.22×10^7	1.793×10^7	2.31×10^7	2.014×10^7
	出水	未检出	36540	未检出	3873	62.4	34480
	去除率/%	100	99.9627	100	99.9784	99.9997	99.8288
粪大肠菌群	进水	6.867×10^7	3.873×10^7	8.0×10^6	6.488×10^6	7.27×10^6	1.0462×10^7
	出水	未检出	410.6	未检出	325.5	2	9804
	去除率/%	100	99.9990	100	99.9950	99.99997	99.9063
大肠埃希氏菌	进水	1.7329×10^7	8.82×10^6	5.794×10^6	1.4136×10^6	4.884×10^6	9.208×10^6
	出水	未检出	272	未检出	152.9	1	12033
	去除率/%	100	99.9969	100	99.9892	99.99998	99.8693
菌落总数	进水/CFU·ml ⁻¹	2.0×10^6	2.0×10^6	5.7×10^4	4.5×10^5	4.1×10^5	6.7×10^4
	出水/CFU·ml ⁻¹	未检出	634000	1	6600	360	83000
	去除率/%	100	68.3	99.9983	98.5333	99.9122	19.2771

中水实际处理量常低于设计量, 供水量常不能满足回用需求。中水处理系统设计流量往往以高峰期水量为依据, 而不是日均流量; 此外, 受昆明楼盘销售与入住率影响, 大多数中水站实际处理量低于设计量。这样, 导致中水处理系统常常以低水力负荷运行, 甚至不能24h连续运行, 中水供水量常不能满足回用需求, 需要补充自来水。

中水水源水质普遍较差。在调查的中水站中, 中水水源大多为包括了粪便污水的生活污水, 仅有少数为优质杂排水, 一些中水站来水为生活污水与洗车、生产废水的混合水。这样, 由于中水处理系统的有机负荷偏高, 将产生处理效率不稳定和出水水质超标的隐患。

中水回用途径较多, 但冲厕用途不为公众青睐。在调查的中水站中, 大多数中水回用于绿化和浇洒, 少数回用于冲洗厕所。由于昆明公众普遍对

中水回用于冲厕的安全性有顾虑, 回用量稳定的冲厕用途尚不能普及, 仅在公厕有应用。加之中水水源多为全部生活污水, 昆明市中水处理设施实质上是一座小型污水处理厂, 不同于国内外大多数城市发展的中水道系统。如此, 受昆明特殊气候条件影响, 大面积植被需要量多但不恒定的浇灌用水, 使中水在雨季供过于求, 而旱季供不应求。

中水处理主体工艺追求高新, 但技术保障力量不相匹配。昆明市中水处理工艺丰富多样, 除传统的混凝、沉淀、过滤、生物接触氧化等技术外, 国内外新颖先进的水处理工艺也多有采用, 如MBR、ICEAS、CMF、BAF等。在调查的中水站中, 主体处理单元大多依靠人工管理, 而操作工人基本不具备水处理的专业技能。一些中水站没有设备定期检修的规定及检修期的运行备用方案。这样, 中水处理效率的稳定性难以有保障。

中水消毒方式简单,不能根据实际处理情况及时调整。昆明市中水消毒方式最多的是投加次氯酸钠,其次是使用二氧化氯发生器。在调查的中水站中,对于使用药剂消毒的中水站,多数使用定量、定时的自动投加方式,但不能根据中水处理的实际情况自动调节加药量;少数中水站为人工投加方式,投加与否和投加量凭操作工人感觉和经验。此外,一些中水站对消毒设备没有定期检修的规定。这都使得出水的安全性令人担忧。

中水站缺乏必要的检测仪器,无法及时检测出水水质。在调查的中水站中,仅有少数具备测定浊度、色度、pH和余氯等项目的仪器和方法,并定期自检。更多的中水站缺乏必要的水质检测仪器,对中水处理效果仅凭经验判定,消毒剂投加量差异性很大。此外,一些中水站计量仪表安装不全,对水量变化也无法及时掌握,使工艺操作存在盲目性。

中水站运行管理有待更加规范。目前昆明市正常的中水处理成本为多数单位所接受,市政府鼓励中水设施建设和运营,对中水达标单位有奖励办法。大多数中水站有明确的操作工人、分管领导、中水管理规程和操作记录,但仍然存在运行记录不全、管理制度不全、运行成本核算不细、处理规模和操作人数尚不够配套、应急方案过于粗糙简单等问题。

中水操作工人素质亟待加强。在调查中,多数中水站的操作工人文化程度低,分管领导或管理人员专业欠缺,不能根据水质变化对设备工况进行合理调整。一些中水站工人没有培训就上岗、上岗前未体检,这对于工人自身健康和设备运行都是不利因素。由于中水操作工收入较低,工作环境较差(一些中水站存在空气污浊、噪声严重等现象),使这一工作难以吸引高素质人员。

根据目前课题组掌握的昆明市主城区中水再生处理与回用的情况,我们提出如下建议:

(1) 中水系统设计:为应对生活用水低、高峰期的水量变化,以及入住率的影响,中水处理系统设计可考虑分期、分区建设,以及模块化设计。

(2) 中水技术选择:中水处理系统的主体技

术,应以经济实用为首选。因回用水质要求高而选择先进处理技术时,应在系统自控、管理水平、维护检修等方面保障设备稳定运行。

(3) 中水运行检测:各中水站应装备齐全计量仪表;对于处理规模较大的中水站,考虑配备浊度、pH和余氯必要仪器。对于处理规模小、无自检能力的中水站,推荐其将中水处理设施委托第三方机构(如具有资质的水处理设施运营公司)代为管理和检测。

(4) 中水监督管理:提高对中水站的监管力度,督促其完善管理制度,加强对管理人员和操作人员的培训;对中水设施运营良好的单位,通过宣传和补贴等手段给予鼓励;可建立基于GIS的计算机管理系统,对全市中水站依据不同回用指标,建立长期的、可参比的数据信息,并逐步实现信息公开化。

目前昆明市中水事业处于快速发展时期,为使昆明市中水管理工作更加持续高效,需要市政府相关部门给予更大力度的支持,从监督人员、检测设备和现代化管理方面予以充分保障。

致谢:

本调研得到云南高科环境保护科技有限公司的支持;中国地质大学(北京)的冯传平教授、侯立柱副教授以及丁大虎、刘江涛、史青同学,云南大学生命科学学院的和树庄老师、陆轶峰老师、杨碧晓同学等也参与了调研工作。在此向他们表示感谢!

参考文献:

- [1] 金兆丰,徐竟成.城市污水回用技术手册[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [2] 黄晓家.城市再生水(中水)回用发展方向[J].建设科技,2008,(21).
- [3] 郭扬善.日本中水发展概况、趋势及其运行机制分析[J].给水排水,2002,28(02).
- [4] 宋磊.北京市中水利用情况和分析[J].北京水务,2006,(2).
- [5] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会.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.
- [6] 蔡炯,周蕾,梁娜,等.酶底物法快检技术在四川5.12地震灾区生活饮用水监测中的应用[J].中国卫生检验杂志,2009,19(6).

(下转第76页)

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

(曲靖市环境监测站, 云南 曲靖 655000)

摘要: 通过对曲靖市固体废弃物产生、综合利用及处理处置现状按类别、区域和行业进行分析, 探讨了“十二五”期间曲靖市固体废弃物综合利用、处理处置的重点类别、重点区域和重点行业。

关键词: 固体废弃物; 现状; “十二五”; 综合利用

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0061-03

1 工业固体废物产生、综合利用类别分析

(1) 工业固体废物分类

根据《曲靖市 2010 年环境统计年报》, 曲靖市重点企业 (2010 年共 208 家) 工业固体废物可分为危险废物、冶炼废渣、粉煤灰、炉渣、煤矸石、尾矿、脱硫石膏和其他废物。

(2) 工业固体废物产生、综合利用现状

曲靖市重点企业工业固体废物产生及综合利用现状见表 1。

根据曲靖市重点企业工业固体废物产生及综合利用现状, 固体废物中产生量最大的为粉煤灰, 占重点企业固体废物产生总量的 42.89%, 其余依次为其他废物、炉渣、冶炼废渣、煤矸石、脱硫石膏和尾矿。在各种固体废物中, 综合利用量最大的是炉渣, 其余依次为粉煤灰、冶炼废渣、煤矸石和其他废物。重点企业工业固体废物产生量和综合利用量情况见图 1。

曲靖市各重点企业固体废物综合利用率最高

的为尾矿, 综合利用率为 101.65% (表示有综合利用往年的量), 其余依次为危险废物、冶炼废渣、煤矸石、炉渣、脱硫石膏、其他废物和粉煤灰, 曲靖市各重点企业固体废物综合利用率情况见图 2。

根据曲靖市“十二五”环境保护规划, 曲靖市“十二五”期间固体废物综合利用率 > 65%。根据以上分析, 脱硫石膏、其他废物和粉煤灰的综合利用率均未达到指标要求, 因此, 加强脱硫石膏、其他废物和粉煤灰的综合利用, 属固体废物综合利用的方向重点。

2 工业固体废物产生、综合利用区域现状

曲靖市各区域工业固体废物产生量由大到小排序为: 宣威市、富源县、沾益县、麒麟区、马龙县、陆良县、会泽县、师宗县和罗平县。其中宣威市、沾益县、富源县和麒麟区 4 个区域产生工业固废量较大, 占全市的 88%。曲靖市各区域固体废物产生及综合利用统计见表 3。

表 1 曲靖市重点企业工业固体废物产生及综合利用现状

(万 t)

指标	危险废物	冶炼废渣	粉煤灰	炉渣	煤矸石	尾矿	脱硫石膏	其他废物
产生量	4.6375	186.19	680.57	233.63	150.67	28.43	42.6	260.11
综合利用量	3.9833	153.47	171.71	177.50	118.97	28.9	26.89	107.91
综合利用率/%	85.89	82.43	25.23	75.97	78.96	101.65	63.12	41.49
贮存量	0				448.47			
处置量	0.6542				491.27			
排放量	0	0	0	0	0	0	0	0

注: 本部分统计仅包括重点筛选企业固体废弃物的产生及综合利用情况。

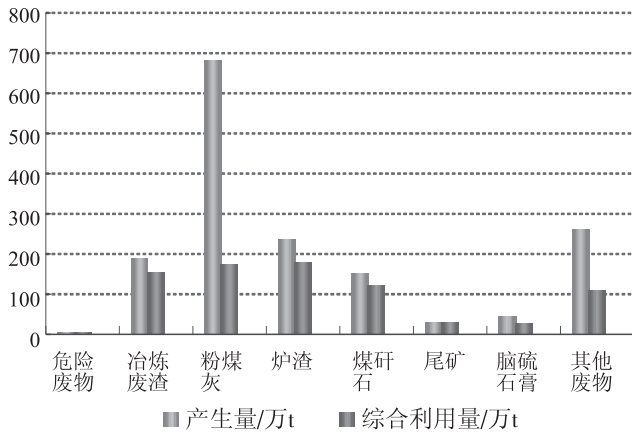


图1 重点企业工业固体废物产生量和综合利用量情况

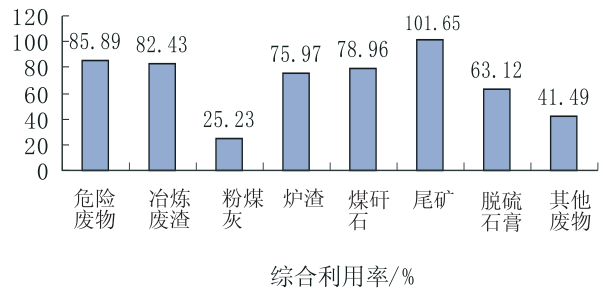


图2 曲靖市各重点企业固体废物综合利用率情况

表3 曲靖市各区域固体废物产生及综合利用统计表

	工业固体废物产生量/万t	工业固体废物综合利用量/万t	工业固体废物综合利用率/%	工业固体废物贮存量/万t	工业固体废物处置量/万t	工业固体废物排放量/万t	按产生量排序
宣威市	638.37	218.31	34.20	0.00	420.06	0	1
富源县	427.32	189.7	44.39	212.19	44.03	0	2
沾益县	393.27	186.22	45.90	216.48	7.00	0	3
麒麟区	199.43	200.18	99.93	0.12	0.02	0	4
马龙县	68.01	49.99	73.50	0.35	18.46	0	5
陆良县	63.03	46.48	73.74	16.40	0.15	0	6
会泽县	33.72	29.88	88.62	2.86	1.07	0	7
师宗县	23.92	23.92	100	0.00	0.00	0	8
罗平县	26.15	25.6	97.90	0.07	0.48	0	9
曲靖市	1873.2	970.27	51.43	448.47	491.27	0	

注：本部分统计包括了重点筛选企业与非重点筛选企业固体废弃物的产生及综合利用情况。

从工业固体废物的综合利用看：工业固体废物利用率由高到低依次为师宗县、麒麟区、罗平县、会泽县、陆良县、马龙县、沾益县、富源县和宣威市。曲靖市各区域固体废物产生、综合利用情况见图3。

3 工业固体废物产生、综合利用行业现状

曲靖市各行业固体废物产生及综合利用统计见表4。

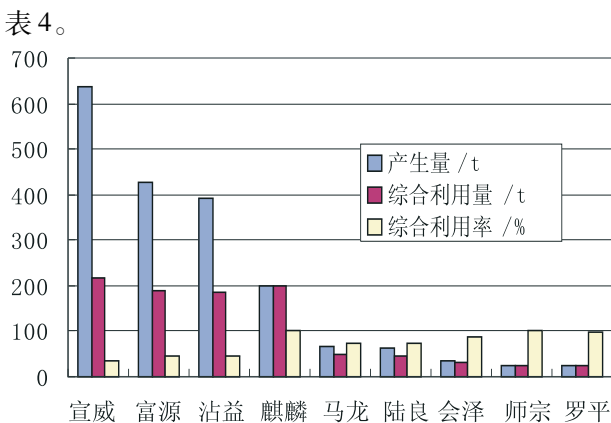


图3 各区域固体废物产生、综合利用情况

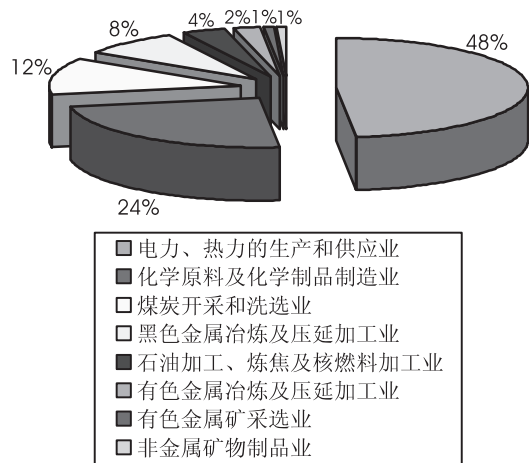


图4 曲靖市各行业固体废物产生情况

对工业固体废物产生量占总产生量1%以上的行业进行统计和排序可知：电力、热力的生产和供应业固体废物产生量最多，为760.88万t，占全市的48.19%，其余依次为化学原料及化学制品制造业（占23.88%）、煤炭开采和洗选业（占12.03%）、

黑色金属冶炼及压延加工业 (8.13%)、石油加工、炼焦及核燃料加工业、有色金属冶炼及压延加工业、有色金属矿采选业和非金属矿物制品业。详见图4。

表4 曲靖市各行业固体废物产生及综合利用统计表

行业类别代码	行业类别名称	产生量/万 t	产生量占比/%	综合利用量/万 t	综合利用率/%
44	电力、热力的生产和供应业	760.88	48.19	206.72	27.17
26	化学原料及化学制品制造业	378.93	23.88	199.48	52.26
06	煤炭开采和洗选业	189.96	12.03	145.28	76.48
32	黑色金属冶炼及压延加工业	129.09	8.13	113.74	88.11
25	石油加工、炼焦及核燃料加工业	58.33	3.68	58.33	85.77
33	有色金属冶炼及压延加工业	34.95	2.20	30.76	88.00
09	有色金属矿采选业	14.36	0.90	15.14	99.33
31	非金属矿物制品业	12.29	0.77	12.29	100

备注：本表统计为工业固体废物产生量占总产生量1%以上的行业。

曲靖市工业固体废物综合利用率中，以上行业综合利用率由大到小依次为：非金属矿物制品业、有色金属矿采选业、有色金属冶炼及压延加工业、黑色金属冶炼及压延加工业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、煤炭开采和洗选业、化学原料及化学制品制造业和电力、热力的生产和供应业，产生量位居前两位的两个行业综合利用率均处于较低水平。各行业固体废物综合利用率情况见图5。

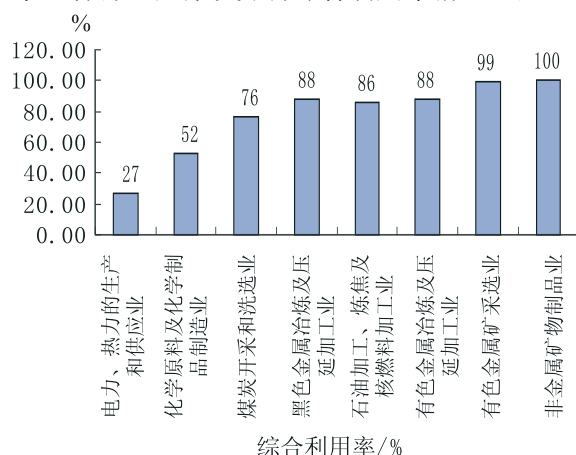


图5 各行业固体废物综合利用率

及综合利用现状，固体废物中产生量最大的为粉煤灰，其余依次为其他废物、炉渣、冶炼废渣、煤矸石、脱硫石膏和尾矿。脱硫石膏、其他废物和粉煤灰的综合利用率均未达到指标要求，因此，脱硫石膏、其他废物和粉煤灰是固体废物综合利用的重点类别。

(2) 宣威市、沾益县、富源县和麒麟区4个区域产生工业固废量较大，占全市的88%，为固体废物综合利用的重点区域，但4个区域中除麒麟区外，宣威市、沾益县和富源县固体废物综合利用率均低于50%，与“十二五”期间固体废物综合利用率>65%的指标差距较大，因此，宣威市、沾益县和富源县将是“十二五”期间固体废物综合利用的重点区域。

(3) 曲靖市各行业固体废物产生量位居前两位（两个行业固体废物产生量占总量的72%）的电力、热力的生产和供应业和化学原料及化学制品制造业综合利用率均低于65%。因此，电力、热力的生产和供应业和化学原料及化学制品制造业是曲靖市固体废物综合利用的重点行业。

4 固体废物综合利用的重点和方向

(1) 根据曲靖市重点企业工业固体废物产生

Present Status and Comprehensive Utilization of Solid Waste during the Twelfth – five – year Plan Period in Qujing

HE Fang – hua

(Qujing Environmental Monitoring Station, Qujing Yunnan 655000 China)

Abstract: The present status of comprehensive utilization and treatment and disposal of the solid waste in Qujing was analyzed according the sources and categories and regions and industries of the waste. The key categories and regions and industries of solid waste treatment are pointed out during the twelfth – five – year plan period.

Key words: solid waste; present status; the twelfth – five – year plan; comprehensive utilization

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

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

摘 要:通过对有机磷、有机磷类废物的理化特性、焚烧机理的研究, 比较分析了水泥窑焚烧处理废物的技术优势, 证实了: 利用水泥窑附烧处理有机磷、有机氮类危险废物是一项实现废物处理和循环经济的新途径, 有着广泛的应用前景。

关键词:危险废物; 有机磷、有机氮; 水泥窑附烧; 前景

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0064-03

有机磷、有机氮类危险废物主要来源于农药、医药和军事毒剂等领域。我国是农药生产和使用大国, 农药产量居世界第二位。在化学农药中, 高毒有机磷品种占 70%^[1]。据不完全统计, 每年有关部门收缴的失效、变质、不合格、淘汰、伪劣的农药产品多达几万吨。根据《国家危险废物目录》, 这些主要属于农药废物 (HW04) 和其他废物 (HW49) 类, 会对环境或人体健康造成有害影响, 若处理不当, 极易产生二次污染。因此必须对这类物质进行集中处理, 以减少其对环境的危害性。国内外尚未对利用水泥窑附烧处理有机磷、有机氮类危险废物进行专门的研究和试验。

1 水泥窑附烧处理有机磷有机氮废物的可行性

1.1 理论依据

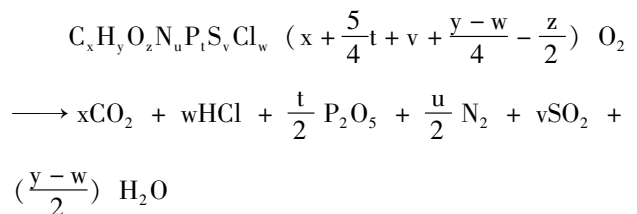
根据有机磷化合物结构特征, 磷原子周围的活性基团都能被不同的取代基置换, 有机磷化合物中除含有 C、P、O、S、N、H 外, 还含有如 Cl、Br 等一些卤素元素。按照适宜水泥回转窑焚烧处理的危险废物筛选原则, 只要含氯量 < 3% 和含硫量 < 2% 的有机磷化合物都可以利用水泥回转窑焚烧处理, 而多数有机磷化合物的 S、Cl、Br 等元素含量非常低, 不会对水泥生产及质量产生不利影响, 适宜水泥回转窑焚烧处理^[2-3]。

从有机氮化合物的分子结构看, 有机氮中主要以 C、N、H 为主, 其它元素如 S、Cl、F 等含量非

常低, 不会对水泥生产及质量产生明显不利影响, 适宜水泥回转窑焚烧处理。

1.2 有机磷、有机氮类物质高温处理的化学机理

有机磷、有机氮类农药废物及其附着物的成分非常复杂, 分析所有的化合物成分不仅困难而且没有必要, 一般仅要求提供主要元素分析的结果, 也就是碳、氢、氧、氮、氯、硫、磷等元素和水分及灰分的含量。它们的化学方程式虽然复杂, 但是从燃烧的观点而论, 它们可用 $C_xH_yO_zN_uPtS_vCl_w$ 表示, 一个完全燃烧的氧化反应可表示为:



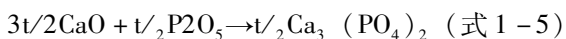
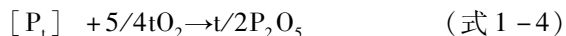
对水泥回转窑焚烧危险废物而言, 因其具有足够的空气系数、停留时间、碱性环境和较强的气流湍流度, 同时具备高达 1300℃ 以上的反应温度, 其燃烧更接近理论燃烧。不致产生有毒气体。具体针对有机磷、有机氮类农药废物的焚烧反应, 可将上式简略分解为以下几个分反应式: 有机磷在高温和空气条件下被氧化生成五氧化二磷、三氧化二磷、二氧化碳和水, 有机氮被氧化生成氮气、二氧化碳和水, 五氧化二磷进一步与碱性氧化物反应生成磷酸盐, 氮气属稳定气体, 只有在放电条件下, 氮气才可以和氧气化合生成一氧化氮。



收稿日期: 2011-05-09

基金项目: 云南省科技厅省院省校合作项目 (2003BABJB00042)。

作者简介: 吴学勇 (1973-), 男, 汉族, 工程师, 主要从事固体废物管理与处置方面的研究。



转窑与专用焚烧炉焚烧处置危险废物工况条件及技术经济对比情况见表 1。

2 水泥窑焚烧处理废物的技术优势

水泥窑附烧危险废物处理过程见图 1，水泥回

与专用焚烧炉相比，利用水泥窑焚烧处理危险废物具有明显的优势：

表 1 水泥回转窑与专用焚烧炉工况条件及技术指标对比

项目	标准	专用焚烧炉	水泥回转窑
焚烧炉温度/℃	≥1100	1100 ~ 1200	1500
烟气停留时间/s	≥2	2 ~ 3	4 ~ 7
物料停留时间/min		2 ~ 10	>30
燃烧效率/%	≥99.9	≥99.9	≥99.9
焚烧容积	无	小	大
气相湍流度 (雷诺氏指数)	无	>10,000	>100,000
有毒有害物质的合成条件	无	中性或酸性环境易合成	碱性环境不易合成
焚毁去除率/%	≥99.99	≥99.99	≥99.99
残渣的热灼减率/%	<5	<5	<5
焚烧飞灰		有毒物质须专门处理	回收利用
焚烧残渣		产生	利用

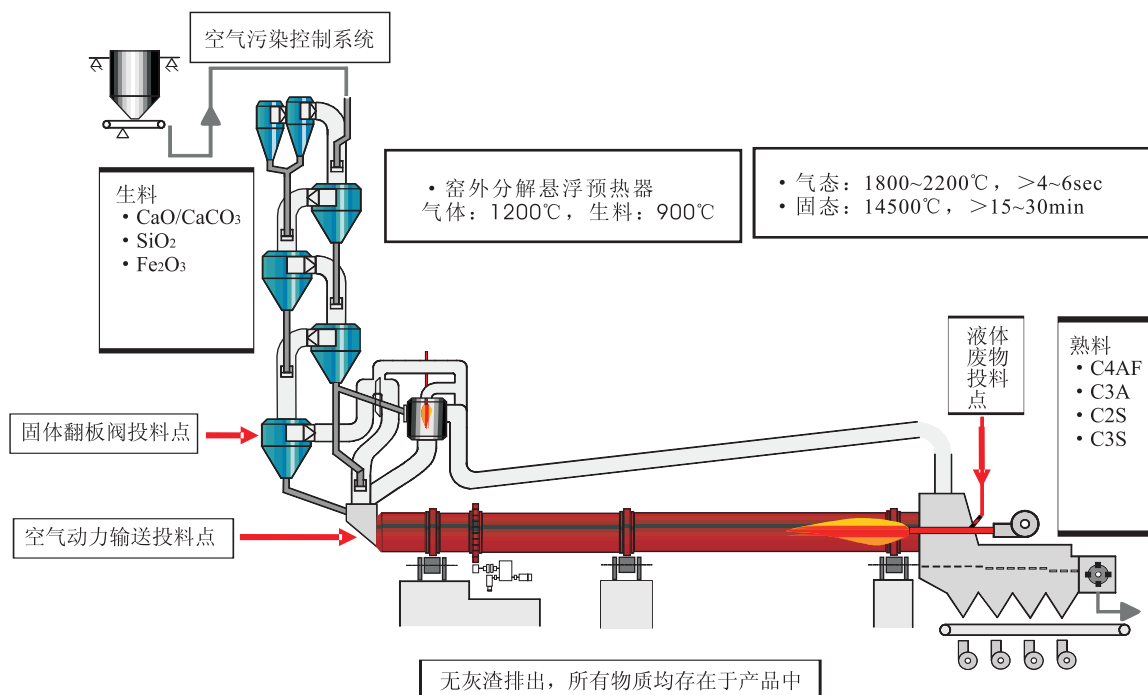


图 1 水泥窑附烧危险废物处理过程示意图

(1) 窑内温度高，水泥回转窑窑内气体温度高达 1700℃、物料温度 1500℃，可保证危险废物焚毁完全；

(2) 物料和气体在窑内停留时间长，气体在窑内停留时间 4 ~ 7 s，物料停留时间超过 30 min，有充分的焚烧时间；

(3) 水泥窑容积大，热稳定性好，可提供连续

稳定的焚烧环境；

(4) 水泥窑内高温气体湍流强烈，气固两相混合均匀，有利于废物的分解；

(5) 水泥窑内呈碱性气氛，可以吸收废物焚烧过程中产生的酸性气体，便于废物的净化处理；

(6) 焚烧废物产生的残渣，参与了熟料形成过程的反应，进入了熟料组成，避免了二次处理；

(7) 焚烧废物与水泥生产同时进行, 可以充分利用现有的工艺设备, 减少投资和运行费用。

综上所述, 水泥回转窑具有更加理想的焚烧危险废物的条件。

3 有机磷、有机氮类农药废物接收与预处理

不同形态、不同成分的危险废物具有不同的物理化学特性, 燃烧过程中会表现出不同的规律, 对水泥窑系统的热工制度、水泥熟料的形成过程等有不同的影响。因此必须对所要处理的废物进行预处理。

3.1 有机磷、有机氮类农药废物鉴别和分类原则

首先按废物的毒性将接收的农药废物分为低

毒、中毒(含中毒以上)两类。分类原则: ①多数有机磷、有机氮类农药废物都具有生物毒性, 一般在接收该类废物时, 接收鉴别与分类按照转移联单或废物清单标注的品名和性质判定其毒性级别; ②当标识不准或无标识时, 在未鉴别或无条件鉴别时应将其划为剧毒类废物。

3.2 有机磷、有机氮类农药废物的进料包装

中毒及以上类有机磷、有机氮类农药废物的进料包装, 按项目组研制的高危废物专用的物料空气动力输送装置的要求进行。试验包装物的包装材料及规格见表2。

表2 有机磷、有机氮类农药废物的进料包装材料

品名	材料	规格	用途	备注
编织覆膜袋	聚乙烯	直径 200 × 300	中毒以上废物	包装外袋
内膜袋	聚丙烯	直径 190 × 300	中毒以上废物	包装内袋
贮液桶	聚氯乙烯	直径 400 × 500	低毒液体废物	
纸箱	纸板	250 × 350 × 400	低毒固体废物	

4 结论

通过对有机磷有机氮类农药废物的主要成分及其热处理化学反应机理进行分析, 并对水泥窑的工况条件和技术指标进行了对比分析, 可见: 水泥窑不仅可以满足有害废弃物焚烧处理所需的各项条件, 与专业焚烧炉相比它还具有明显的优越性。水泥窑处理废物不存在焚烧灰渣的二次污染。项目研究数据表明: 水泥窑在处理有机磷有机氮类废物的过程中各种废气物的排放均符合国家标准。对水泥熟料生产的工况和产品质量无明显影响^[6]。水泥窑正常生产工况完全能够满足并超过焚烧危险废物的相关标准要求。因此, 利用水泥窑附烧处理有机磷、有机氮类危险废物是一项实现废物处理和循环经济的新途径, 是实现废物处理和资源化利用的一

种新工艺, 是处理有机磷有机氮类废物的发展方向, 具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 李金惠, 杨连威. 危险废物处理技术 [M]. 北京: 环境科学出版社, 2006.
- [2] 李煜, 张军. 焚烧技术在危险废物处理处置中的应用 [J]. 环境导报, 2000, (2).
- [3] 朱贵珍. 利用水泥回转窑处理危险废物的评价研究 [J]. 环境科学学报, 2000, 20 (6).
- [4] 乔龄山. 水泥厂利用废弃物的有关问题——水泥厂利用废弃物的基本原则 [J]. 水泥, 2003, (5).
- [5] 吴学勇, 李英南. 云南省利用水泥窑处置危险废物的前景 [J]. 环境科学导刊, 2005, 24 (3).
- [6] 吴学勇, 张涛. 水泥窑处理处置有机磷有机氮类废物的环境安全性研究 [J]. 建材发展导向, 2008, 33 (3).

Prospects on Treating Organic Phosphorus and Organic Nitrogen Waste by Cement Gyrate Kiln

WU Xue-yong, ZHANG Tao

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

Abstract: The technological superiority by applying cement gyrate kiln to treat organic phosphorus and organic nitrogen was analyzed and compared by studying the physical and chemical properties of the waste and incineration theory. The results indicated that it is a new way to treat some hazardous wastes like organic phosphorus and organic nitrogen to realize recycling economy and waste disposal, which could be used widely in the future.

Key words: hazardous waste; organic phosphorus; organic nitrogen; cement gyrate kiln; prospect

镇雄县煤矿废水污染治理技术探讨

张荣卉

(镇雄县监测站, 云南 镇雄 657100)

摘要:镇雄县煤矿废水未经处理或只经过简单的沉淀处理直接外排, 造成严重后果。为了防止这种恶性循环继续发生, 结合镇雄县地域经济、社会环境和废水的污染性质, 提出了经济适用的煤矿废水污染治理技术方案。经实践, 取得了良好的效果。

关键词:酸性煤矿废水; 治理技术; 探讨; 镇雄

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0067-03

镇雄县地处三峡库区的云贵川三省接壤处, 境内无烟煤储量丰富, 县域内有横江、赤水河、乌江三大水系, 属三峡库区的支流来水。由于煤炭大规模开采, 每年向县域河流排放废水近 664.2 万 t, 而且大多数煤矿排放的废水中含 Fe、SS 等污染因子, 致使河流、河床由灰黑色逐渐变成稳定的铁红色。毡帽营小河就是一个典型的例子, 因受乌峰镇内煤矿废水的严重污染, 终年呈铁红色, 被喻为“马尿”河。

1 镇雄县煤矿废水的水环境现状

县域内煤矿开采废水中, 同一煤矿的不同因子有的超标, 有的达标。不同区域的煤矿相同污染因子浓度波动很大, 如山脚煤矿总悬浮物 384mg/L, 大海子煤矿的总悬浮物 1540mg/L, 而大山煤矿的低至 0mg/L; 大海子煤矿的总铁浓度 296.42mg/L, 而振兴煤矿的总铁浓度 0.01mg/L。比照 GB20426-2006《煤炭工业污染物排放标准》中表 2 规定的采煤废水污染物的排放限值“总悬浮物 50mg/L, 总铁 6mg/L”, 有的废水污染因子超标十几倍, 这样量大、高浓度的污染废水如果不经处理达标就排放, 对地表水、生态环境、人体健康的影响是难以估计的。

2 煤矿废水的排放量

通过镇雄县环境科研监测站对县域大海子煤矿、山脚煤矿、大顺煤矿等 16 家煤矿的废水监测数据来比照分析全县的 117 个煤矿, 计算出每个煤矿废水的平均年涌水量为 5.68 万 m³, 废水中悬浮物的平均浓度为 154 mg/L, 铁的平均浓度为 47.45mg/L, 锰的平均浓度为 3.9mg/L。即每年向县域河流排放废水 664.2 万 t, 排放总悬浮物

1022.9t, 排放总铁 315.2t, 排放总锰 25.87t。

3 不同性质煤矿废水的危害

镇雄县煤矿废水主要有酸性废水和非酸性废水 (主要是指含悬浮物矿井废水) 两种。

分析调查显示, 酸性矿井废水的主要污染物为: 大量的氢离子, PH<6; 铁离子, 呈二价或三价; 含有一定的悬浮物, 主要是煤、岩粉和粘土等细小颗粒物, 尤其是煤粉, 其含量为几十至几百 mg/L; 含钙、镁、锰等其它金属离子及硫酸根、氯根等阴离子。

如果直接外排含铁、含 SS 的酸性矿井废水, 它将污染地表水体和土壤, 对水生生物有重大影响: 抑制鱼卵和幼虫的发育, 使鱼类迁移、回避或致毒死亡; 使水体中的重金属及无机物毒性增大, 对生态环境的藻类、真菌等产生毒害作用, 损害浮游生物生长; 使接纳水体如河流中的水生维管束植物、底栖无脊椎动物和鱼类的品种多样性及种群数量日趋减少; 酸性矿井水中伴随着铁离子, 使酸性水流入排水沟、河流之后, 水体发黄 (人们常说的锈水), 色度严重超标, 还将破坏自然景观。

非酸性矿井水在镇雄县较少, 其主要污染物是悬浮物。含悬浮物矿井水多呈灰黑色, 排入水体后, 会造成水体外观恶化、浑浊度升高, 改变水的颜色。悬浮物沉积河底淤积河道, 危害水底栖生物的繁殖, 影响渔业生产; 沉积于灌溉的农田, 则会堵塞土壤毛细管, 影响通透性, 造成土壤板结, 不利于作物的生长。

4 现阶段主要煤矿酸性废水处理方法

现阶段国内常用的煤矿废水处理有主动处理和被动处理。

主动处理技术有中和法, 即向废水中投加一定

量的混凝剂和助凝剂，使废水中金属离子生成氢氧化物沉淀与水分离，使废水达到排放标准。

被动处理法有可渗透反应墙和人工湿地等。被动处理技术不需要添加化学物质，利用自然产生的化学物质和生物作用去除酸性废水中的污染物，不需要机械设备、建筑设施，也不需要日常的操作和维护，所以运行费用低，但处理效果不如中和法，处理系统不稳定，占地面积一般比较大。

虽然中和法处理工艺中需要反应设备和中和剂，但是其反应时间短，工艺流程简单，处理效果好，不产生二次污染。

5 镇雄县煤矿废水治理工艺及效果

5.1 技术方法

镇雄县地处高原地区，经济落后，但有丰富的石灰岩，结合废水处理方法的特点，中和法在镇雄县煤矿废水处理中非常实用。采用明矾和熟石灰作为中和剂，在废水外排前，根据废水特征和涌水量有选择、有针对性地按比例投加一定量的中和剂，以增大废水的沉降速率，提高处理效果。

5.2 技术方案

- (1) 调查煤矿废水污染情况，对煤矿废水进行采样分析，查明废水中的主要污染因子；
- (2) 选择具体的煤矿废水处理工艺；
- (3) 修建处理设施，机械设备安装、调试。

5.3 技术路线 (图1)

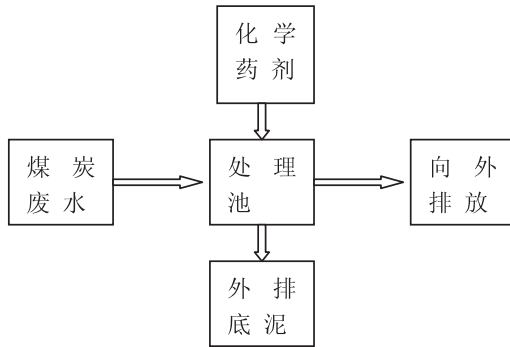


图1 技术路线图

5.4 设备和操作说明

(1) 加药房为6m²左右的砖混结构房。

(2) 加药装置由搅拌器和一个具有一定容积的圆形液槽组成，搅拌器功率为370W，液槽有效容积为0.3 m³。实际应用时，可根据日排放废水量作适当调整。每个煤矿企业应配备2套，1套用来搅拌混凝剂溶液，另1套用来搅拌石灰水溶液，该装置可以定做。

(3) 氧化混合渠高40cm，宽30cm，长度不低

于10m，坡度应不小于8%，并在渠内均匀安装3块挡水板。挡水板宽34cm、高20cm，确保所投药品能与废水充分混合。

(4) 沉淀池为两套系统，作污泥清除时轮换使用。沉淀池可用砖石砌筑，有效容积应不小于小时废水排放量的0.5倍。池的长宽比例不小于4，有效水深不超过3m，各进出水口均为30cm的正方形，并保持在同一水平面。

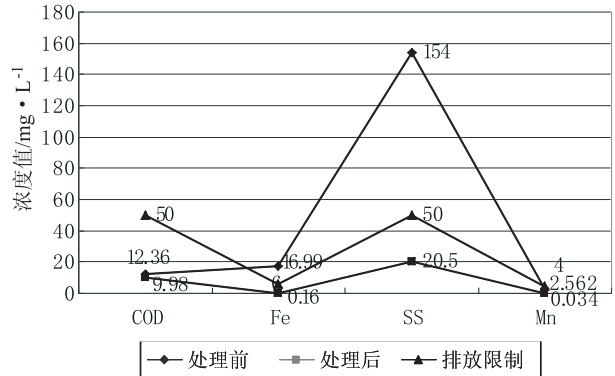


图2 大顺煤矿废水处理效果

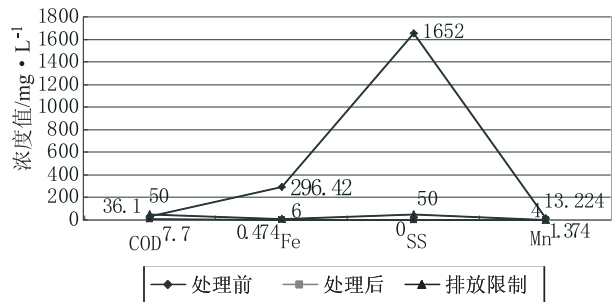


图3 大海子煤矿废水处理效果

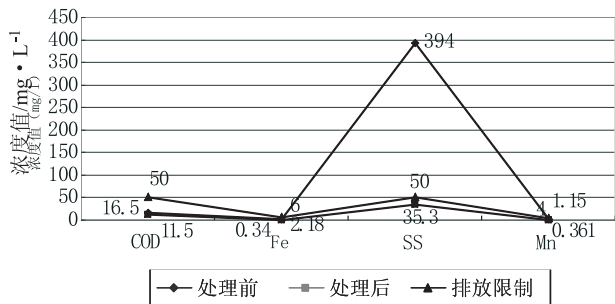


图4 山脚煤矿废水处理效果

(5) 所投药品为聚合氯化铝和熟石灰。明矾的投加量为150~250g/t废水，具体用量应根据废水排放性质现场调试确定；熟石灰粉的投加量取决于废水的酸碱度，当pH<7时，其投加量应以能使pH值调至7~8时的用量计算；当pH值为中性或偏碱性时，投加量则为明矾用量的1~2倍即可。使用时分别称取明矾和熟石灰粉6kg，倒入各自的

液槽,然后各加水 300kg,启动搅拌器,待药品溶解或搅拌均匀后,根据计算投药量,由止水阀匀速加入废水中,但石灰水的投加必须保持在搅拌状态下进行。

(7) 当第一个沉淀池的沉积物达到其有效容积的 2/3 时,应换用另一套沉淀系统,同时用潜水泵将该套沉淀系统的上清液抽出,清除池内污泥后再投入使用。

5.5 处理效果

对大顺煤矿、大海子煤矿和山脚煤矿 3 个煤矿实施该废水处理工艺,该工艺对 COD、Fe、SS、Mn 各污染因子的处理效果,如图 2~图 4 所示。

6 结语

本文结合镇雄县地域条件、煤矿矿井废水特

性、处理方法的特点,提出了简单实用的中和沉淀的废水处理技术方案。该方案对煤矿废水治理具有投资少、处理效果明显,实用性和可操作性都很强的特点。能从根本上解决煤矿废水污染问题,对降低水环境中的污染负荷,增强水体自净能力,改善生态环境,都将起到重要作用。

参考文献:

- [1] 史竞男,赵丙华,王涛. 碱性物质中和法在处理煤矿废水中的应用 [J]. 环境科学与管理, 2005, 30 (6).
- [2] 王磊,李泽琴,姜磊. 酸性矿山废水的危害与防治对策研究 [J]. 环境科学与管理, 2009, 10 (10).
- [3] 徐志诚. 酸性矿井水的人工湿地处理方法综述 [J]. 矿山安全与环保, 2005, 32 (2).
- [4] 莫睿. 都匀市菠萝冲煤矿酸性高铁煤矿废水污染治理研究 [J]. 广东化工, 2010, 37 (9).

Discussion on Treatment Method of Wastewater from the Coal mine in Zhenxiong

ZHANG Rong - hui

(Zhenxiong Environmental Monitoring Station, Zhenxiong Yunnan 657100 China)

Abstract: The wastewater from the coal mine in Zhenxiong discharged without any treatment or only treated simply has caused serious environmental problems. In order to prevent the situation from deteriorating, one treatment process was put forward by combining to the local economic and social development and the properties of the wastewater. The method was applied and gained excellent results.

Key words: acid wastewater of coal mine; treatment method; discuss; Zhenxiong

挥发性有机废气治理技术进展

黄建洪^{1,2}, 宁平¹, 许振成², 周新云¹, 周瑜¹, 彭福全²

(1. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093; 2. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘要: 主要介绍了目前国内外有机废气 (VOCs) 治理的常用方法以及这些方法的原理和工艺流程, 并对它们的特点进行了简单介绍。

关键词: VOCs; 处理方法; 工艺; 特点

中图分类号: X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0070-04

挥发性有机化合物 (VOCs) 一般是指在常温常压下饱和蒸气压 $> 70\text{Pa}$ 、沸点 $< 260^\circ\text{C}$ 的有机化合物的总称, 包括脂肪烃、芳香烃、含卤烃类、含氧烃类、含氮烃和含硫烃类等。VOCs 对生态环境和人体健康存在严重危害, 在太阳光照射下可与 NO_x 发生光化学反应, 是产生光化学烟雾的原因之一, VOCs 可引起人体致癌、致畸和动植物中毒。美国 1990 年的空气法强调在未来的 8a 内要减少 189 种有毒化学品 90% 的排放, 其中 VOCs 占 70%。VOCs 种类繁多, 分布面广, 它们主要来源于石油、化工、轻工等许多行业和部门, 有些行业比如石油开采与加工、炼焦与煤焦油加工、有机合成、溶剂加工、感光材料、油漆涂料加工及使用等, 尤其带来严重污染。一份对中国 43 个城市的 VOCs 调查中报道^[1], 中国大多数城市市区的 VOCs 主要来源于汽车尾气。为消除环境污染, 保护人体健康, 回收资源, 对 VOCs 进行治理是非常必要的。

挥发性有机废气的治理方法有很多, 总的分为破坏法和回收法^[2]。破坏法又可分为燃烧法 (包括直接燃烧、热力燃烧与催化燃烧) 和生物法, 回收法又可分为吸收法、吸附法、冷凝法、膜分离法等, 在实际应用中通常是上述方法中两种或两种以上的方法的组合。

1 燃烧法

燃烧法是利用挥发性有机物的可燃性, 在一定的温度下将其通入到焚烧炉中进行燃烧, 最终生成 CO_2 和 H_2O 而得以净化的方法。根据燃烧温度和

方式的不同一般分为直接燃烧、热力燃烧和催化燃烧。

1.1 直接燃烧法

直接燃烧法是将 VOCs 直接通入到焚烧炉中进行高温燃烧的方法。当 VOCs 浓度高、可燃性好时可以直接燃烧, 当浓度低时需要加入一定的辅助燃料, 燃烧最终生成 CO_2 和 H_2O 排入空气, 同时回收利用燃烧热。这种方法投资费用低, 设备简单, 操作方便, 但是维持高温燃烧 ($> 1100^\circ\text{C}$) 需要高额运行费用, 而且高温燃烧产生的 NO_x 成为二次污染物。

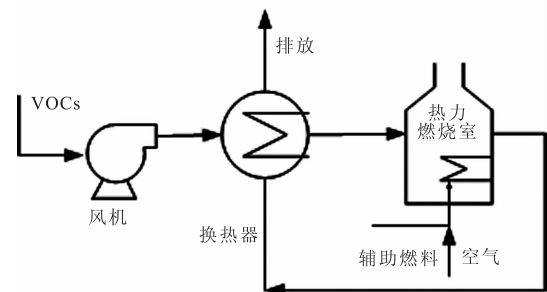


图1 热力燃烧工艺流程图

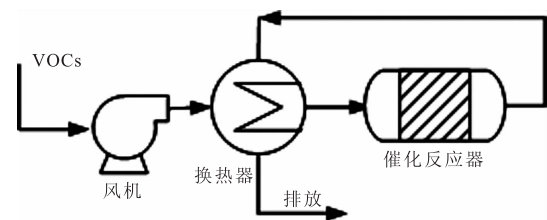


图2 催化燃烧工艺流程图

1.2 热力燃烧法

热力燃烧法工艺流程如图 1 所示, VOCs 气体首先经过热交换器升到一定温度后进入热力燃烧室进行燃烧。这种方法处理的 VOCs 浓度为 $100 \sim 2000\text{ppm}$, 处理效率 $95\% \sim 99\%$ ^[3]。与直接燃烧法

收稿日期: 2011-04-18

基金项目: 国家环保公益性研究专项 (200909023)。

作者简介: 黄建洪 (1978-), 男, 在读博士研究生, 主要从事环境污染控制技术的研究与设计。

相比, 热力燃烧法的燃烧温度一般在 700 ~ 900℃, 节省了能源消耗。

1.3 催化燃烧法

催化燃烧法是指 VOCs 在催化剂的作用下反应生成 CO_2 和 H_2O 的方法^[4]。催化剂的作用是降低有机物的起燃温度, 同时缩短反应时间。目前用于治理 VOCs 的催化剂有贵金属催化剂 (如 Pt、Pd) 和非贵金属催化剂 (如 V、Ti、Fe、Cu 等)。Pt/H - Beta 和 PdO/H - Beta 催化剂对氯化烃类具有很强的选择性催化分解作用^[5~6]。而 M. A. Centeno^[7] 等人研究表明 Au/TiOxNy 催化剂对已烷、苯和丙醇等有机物具有很高的催化作用。与热力燃烧法相比, 催化燃烧法所需的燃烧温度更低 (200 ~ 400℃), 大大降低了能耗, 而且在较低的温度下燃烧避免了 NO_x 二次污染物的生成。但是催化剂较易被含 S、P、As 等物质中毒而失去催化活性, 另外催化剂的更换也需要昂贵的费用。

2 生物法

生物过滤法最初是为治理恶臭气体而开发出来的一种技术, 近年来研究发现其对挥发性有机废气也有较好的处理效果^[8~10]。生物过滤法的核心处理设备是生物滤床 (如图 3 所示), 滤床内装有能形成生物膜的填料, VOCs 先经过湿度控制以后进入生物滤床, 在滤床里 VOCs 被生物膜上的生物经过一系列的新陈代谢作用分解成 CO_2 和 H_2O 得到净化。

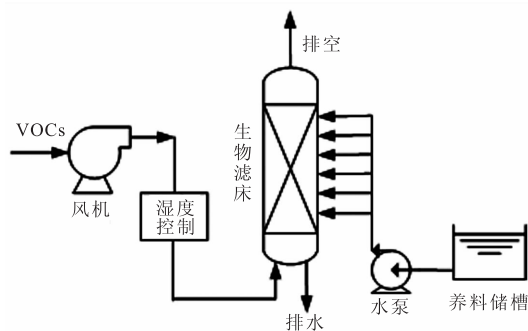


图3 生物过滤法工艺流程图

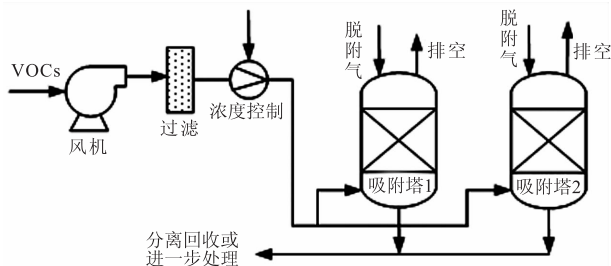


图4 吸附法工艺流程图

生物过滤法主要用于处理低浓度的 VOCs, 处理效率取决于操作条件的控制, 对不同的有机物其降解效率在 40% ~ 98%^[11]。生物法的运行成本很低, 但是设备庞大, 有选择性, 运行条件也较为苛刻。

3 吸附法

吸附法是利用具有微孔结构的固体介质 (吸附剂) 将目标物质 (吸附质) 吸附在其表面上以达到从主体中将其分离的过程^[12]。吸附法工艺流程如图 4 所示, 有机废气经过风机后进入吸附塔 1 进行吸附操作, 当塔 1 吸附饱和后将气体切换到塔 2 进行吸附, 而塔 1 进行脱附、再生等操作, 如此交替操作, 达到连续处理的目的。目前常用的吸附剂有活性炭和沸石分子筛等, 活性炭具有较大的比表面积, 高的吸附容量, 无选择性吸附, 是最常用的 VOCs 吸附剂^[13]; 沸石分子筛具有均匀的微孔结构, 具有较强的选择性吸附。吸附法与其它方法相比具有去除效率高, 能耗低, 工艺成熟, 易于推广实用的优点, 具有很好的环境和经济效益。缺点是处理设备庞大, 流程复杂, 当废气中有胶粒物质或其他杂质时, 吸附剂易失效。

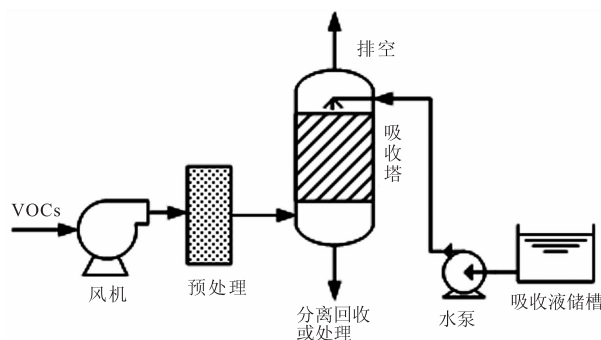


图5 吸收法工艺流程图

4 吸收法

吸收法是用吸收液与待处理废气进行充分接触而将其中的可溶于该吸收液的 VOCs 从废气中分离出来的过程。吸收工艺的单元通常采用喷淋塔、填料塔等能提供良好气液接触的设备。吸收法具有设备结构简单、工艺流程短、易维护、成本低等优点, 是废气治理中常用的方法, 但是吸收剂的选择、回收或进一步处理成为环保治理的棘手问题, 因此限制了其发展。

5 冷凝法

对于含一定浓度的有机蒸气的废气, 在将其降温时, 废气中的有机物蒸气浓度不变, 但其相应的饱和蒸气压值已低于废气中组分分压时, 该组分就

要凝结为液体，废气中组分分压值即可降低，也可实现气体分离的目的^[14]。将有机废气冷凝为液体可采用冷却法，也可采用压缩法，或两者结合。冷凝法一般用于高浓度有机废气的回收或预处理，当要回收有机物时，通常要求废气的浓度高、组分少。

6 膜分离法

膜分离法是根据有机蒸气和空气透过膜的能力不同，而将二者分离的方法。膜分离方法作为高效分离的新技术已广泛应用于液体、气体的分离领域，其核心部分为膜分离器，常见的膜分离器有中空纤维膜和卷式膜。膜分离法适合对高浓度有机废气的回收处理，可回收常见的 VOCs 有脂肪烃、芳香烃、含氯溶剂、酮、醛、腈、酚、醇、胺、酸等^[15]。膜分离法投资费用较高，一般作为高浓度

有机废气的预处理单元。

表 1 给出了上述几种有机废气处理工艺特点的分析对比结果。

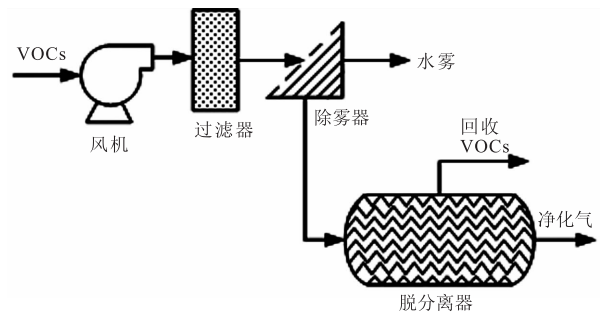


图6 膜分离法工艺流程图

表 1 几种 VOCs 处理工艺特点的分析

工艺或方法	运行费用	处理效率/%	优点	缺点
热力燃烧	较高	95~99	效率高，回收热能	产生的二次污染物需要进一步处理
催化燃烧	较高	90~98	效率高，回收热能	操作条件严格；某些物质易使催化剂中毒；产生的二次污染物需进一步处理；
生物过滤	低	60~95	投资费用低，无二次污染	处理周期长；混合生物培养难度大；无法回收利用资源；
冷凝	高	70~85	回收利用资源	操作条件苛刻，要求有机物沸点不高于 33℃
吸收（不回收吸收剂）	高	90~98	设备简单、易维护	运行成本高，吸收液的处理需要额外的费用
吸附	低	80~90	效率高，弹性大，吸附剂可循环使用	吸附床层易堵塞，处理效率受湿度影响较明显
膜分离	低	90~96	回收利用资源	投资费用高，膜清洗难度大

7 结束语

随着有机废气的治理日益成为环保关注的焦点，其治理技术势必不断发展。燃烧法工艺简单，处理效率高，但能耗也高；生物法运行成本低，但占地面积大，弹性较小；膜分离技术是新技术，其在 VOCs 治理中的广泛应用还有待于进一步研究。目前实际应用多是上述方法的组合使用，如吸附-冷凝回收法、吸附-解吸-催化燃烧法、吸附-浓缩-燃烧法等，组合法克服了单一方法的缺陷，使有机废气的污染问题得到了解决。

参考文献：

[1] Chuen - Yu Chan, Xinming Wang, Shichun Zou, et al. Volatile organic compounds in 43 Chinese cities [J]. Atmospheric Environment, 2005, (39).

[2] Faisal I. Khan, Alolke Kr. Ghoshal, Removal of volatile organic compounds from polluted air [J]. Journal of Loss Prevention in

the Process Industries, 2000, (13).

[3] Marks, J. R., Rhoads, T. Planning saves time and money when installing VOC controls [J]. Chemical Processing, 1991, (42).

[4] 卢军. 挥发性有机物的催化治理 [J]. 贵金属, 2002, 2 (23).

[5] Rubén López - Fonseca, Jose. I. Gutiérrez - Ortiz, Miguel A Gutiérrez - Ortiz, Juan R. González - Velasco. Catalytic oxidation of aliphatic chlorinated volatile organic compounds over Pt/H - BETA zeolite catalyst under dry and humid conditions [J]. Catalysis Today, 2005, (107 - 108).

[6] R. López - Fonseca, J. I. Gutiérrez - Ortiz, J. R. González - Velasco Catalytic combustion of chlorinated hydrocarbons over H - BETA and PdO/H - BETA zeolite catalysts [J]. Applied Catalysis A: General. 2004, (271).

[7] M. A. Centeno, M. Paulis, M. Montes, J. A. Odriozola, . Catalytic combustion of volatile organic compounds on gold/titanium oxynitride catalysts [J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2005, (61).

- [8] 黄若华, 孙佩石. 生物膜填料塔净化低浓度有机废气研究 [J]. 化工环保, 1997, 17 (4).
- [9] 毛国柱, 闻建平, 刘伟, 等. 生物法处理有机废气研究进展 [J]. 现代化工, 2002, (6).
- [10] Kiared, K., Bieau, L., Brzezinski, R., et al. Biological elimination of VOCs in bio - filter [J]. Environmental Progress, 1996, 15 (3).
- [11] 何争光. 大气污染控制工程及应用实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [12] 张文俊, 李华芳, 杨存金, 等, 吸附、催化燃烧法治理有机废气的研究 [J]. 北京轻工业学院学报, 1997, (1).
- [13] Debasish Das, Vivekanand Gaur, Nishith Verma. Removal of volatile organic compound by activated carbon fiber [J]. Carbon, 2004, (42).
- [14] Tarun K. Poddar, Sudipto Majumdar, Kamalesh K. Sirkar. Removal of VOCs from air by membrane - based absorption and stripping [J]. Journal of Membrane Science, 1996, (120).
- [15] Rajindar Singh. Removal of volatile organic compounds by ultrafiltration [J]. Desalination, 1996, (104).

Summary on Treatment Technology of Volatile Organic Compounds

HUANG Jian - hong^{1,2}, NING Ping¹, XU Zhen - cheng², ZHOU Xin - yun¹, ZHOU Yu¹, PENG Fu - quan²
(1. Kunming University of Science and Engineering, Kunming Yunnan 650039 China)

Abstract: The frequently - used methods of volatile organic compounds were summarized as well as the principles and process of the methods. The characteristics of these methods also were introduced simply.

Key words: volatile organic compounds; treatment technology; process; characteristic

曲靖垃圾卫生填埋场污染控制与生态恢复

张奉才

(曲靖市城市固体废弃物管理处置中心, 云南 曲靖 655000)

摘要: 分析了曲靖太和山垃圾填埋场存在的主要问题, 提出了针对填埋场污染控制和生态恢复的措施。

关键词: 填埋场; 污染控制; 生态恢复; 曲靖

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0074-03

曲靖太和山垃圾卫生填埋场于2001年8月建成投入使用, 主要负责曲靖城区生活垃圾处置。2010年8月, 曲靖垃圾焚烧发电厂正式投入使用, 太和山垃圾卫生填埋场1号库区也随之进入封场阶段。由于垃圾填埋气体和渗滤液的存在, 填埋场即使不再继续填埋垃圾, 其对环境的影响仍将持续很多年, 特别是随着曲靖城市规模的迅速发展, 原来位于城郊的填埋场, 将被城市居民区和工业区包围, 成为城市中重要的污染源。对填埋场进行污染治理及生态恢复, 是城市发展过程中必须解决的紧迫问题, 也是值得我们深入研讨的重要课题。

1 填埋场存在的主要问题

填埋场设计时库底采用的是自然防渗, 渗滤液收集池做的是垂直防渗, 没有水平防渗, 填埋作业中覆盖土是从库边取土。这些缺陷将导致地表水和地下水大量进入埋填场, 增加渗滤液的产生量。加上当前垃圾作业面已高出路面, 目前还没有建立完善的导排系统, 存在防洪系统不完善或过水能力不足的问题。雨量过大时, 容易导致场内污水外泄造成二次污染。填埋气体中的有毒、有害物质对环境和人体健康的影响还将持续存在。

2 填埋场污染控制措施

2.1 渗沥液污染控制

2.1.1 减少渗滤液的产生量

减少地表水进入填埋场是减少渗滤液产生量的重要措施。太和山填埋场为山谷型填埋场, 具有较大的汇水面积, 终场覆盖时控制好顶面的坡度, 增加径流系数, 设计建立完善的地表水导排系统, 包括顶面排水沟、周边截洪沟、导流渠等, 避免地表水和渗滤液混合, 可以大幅度地减少渗滤液的产生量, 同时也可以减少地表水对垃圾堆体的冲刷。

2.1.2 渗滤液处理

回喷处理。通过回喷设施把污水池中收集的渗滤液回喷至垃圾表面或在垃圾堆体上筑坝存放。其原理是利用填埋场中垃圾层及覆盖土层的物理吸附以及微生物的降解作用来净化渗沥液, 垃圾填埋层起到“生物滤床”的作用, 渗沥液可以增强垃圾中微生物的活性, 加快有机物的进一步降解, 缩短填埋场的稳定化进程。另外, 回喷上来的渗滤液通过自然蒸发也可以减少一部分存量, 这种方法在填埋场适用于少雨季节。

建人工湿地处理。人工湿地对污染物的去除过程综合了物理、化学和生物的三重协同作用。成熟的人工湿地系统中的填料表面及植物根系生长着生物较为丰富的生物膜, 废水流经湿地床时, 大量的悬浮固体被填料和植物根系截留, 其它污染物则通过生物膜的生物降解与植物的吸收等作用而被去除。湿地床中植物的光合作用及植物茎、根系对氧的输送相传递, 使根系周围的水环境中依次呈现好氧、缺氧及厌氧状态, 即具有去除有机物、氮磷所需的环境。通过对湿地床中填料的定期更换或栽种植物的收割, 最终使污染物从系统中被去除。为了增强人工湿地的污染物净化能力和景观效果, 有利于植物的快速生长, 一般在人工湿地中选择一种或几种植物作为优势种搭配栽种。不同植物的去污能力不同, 观赏价值也不同, 搭配栽种可以互补长短, 达到更好的处理效果和景观效果。在实际工程中, 由于渗滤液难处理的特点, 一般最多选用的植物还是芦苇, 其次是香蒲、菖蒲、水葱、灯心草等常见植物。在污水池下面闲置的已近干涸的小型水库, 坝体已做过垂直防渗, 提供了可利用的土地资源, 可以改造为人工湿地。因此在太和山垃圾填埋场利用人工湿地处理污水有着传统处理工艺不可比

拟的优势：投资少，运营成本低廉；处理污水具有高效性；有独特的绿化环境功能。

与城市污水合并处理。填埋场建有污水下送管网，雨季渗滤液产生量大，场内无法处理时可采用这种方法处理。垃圾渗滤液是一种高浓度难降解有机污水，往往需要采用生化处理加物化处理的组合工艺进行深度处理才能达标排放，建设投资与运行费用均十分昂贵。采用与城市污水合并处理的方法是当前较为经济可行的途径，这样可以节省单独修建污水处理厂的投资或高昂的运行费用，也是我国“城市生活垃圾处理与污染防治技术政策”鼓励采用的方法。

2.2 填埋气体的污染控制

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，并且甲烷和二氧化碳同属于“温室气体”：二氧化碳是“温室效应”的始作俑者，而甲烷则是“温室效应”中不可忽视的重要组成部分。特别在封场后，顶部覆盖层将抑制填埋气的散发，填埋气在垃圾堆体中积聚，危险性进一步加大。此外，填埋气中非甲烷类有机物对人体健康和生态环境危害极大，无论从安全保证还是从污染控制角度，加强填埋气排放的控制十分必要。应通过完善填埋气输导、收集排放处理系统，将气体有序地集中导出，燃烧后排空，以消除污染与安全隐患。

3 填埋场的封场与生态恢复

3.1 填埋场的封场

垃圾卫生填埋场进行封场覆盖，其目的就是为减少渗滤液产生量，抑制病原菌及传播媒体蚊蝇的繁殖和扩散，控制填埋场恶臭气体和可燃气体散发，提高垃圾堆体安全性，增加填埋场生态修复与利用的速度。为了保证封场后坡体的稳定性，应在填埋场封场之前，根据封场规划对垃圾堆体进行整形，以满足坡体的稳定、封场覆盖层的铺设和封场后园林造景的要求。按照建设部颁布的行业标准(CJJ17-2001)，填埋场封场应在填埋物上覆盖黏土或人工合成材料，黏土的渗透系数应 $<1.0 \times 10^{-7}$ cm/s、厚度为20~30cm，其上再覆盖20~30cm的自然土，并均匀压实。不同的植被类型要求最终覆土层的厚度也不一样，应根据所种植的植被类型的不同决定最终覆土层的厚度。通常草本植物需要60cm左右的覆土层，而树木需要90cm以

上。覆盖层完成后，要建立完善的地表水和填埋气导排系统，为最终的生态植被恢复创造有利条件。

3.2 生态恢复

限制植物生长的主要因素是土壤中填埋气体特别是有机废弃物厌氧分解所产生的甲烷和二氧化碳的存在。土壤中的甲烷会将氧气挤掉，导致树木、农作物根系无氧，使主根烂掉、干枯、或发不出次根，使根系受损而不能吸收水分和养分，窒息死亡。二氧化碳气体会引起土壤酸性改变，破坏填埋场周围植被和环境绿化。其次，渗滤液中的污染物和重金属也会破坏土壤影响植物生长。但同时垃圾中含有丰富的氮、磷、钾等有效成分，能被植物利用，促进植物的生长，植被反过来又有强大的固土保水、改良土壤、消减净化重金属、加速土壤中有害物质去除的作用。

因此，选择耐性树种是植被恢复的关键。浅根系的草本植物更能在填埋气体较多的地方生长，而且草本植物具备耐重金属的特殊机制，但最终覆土层的干旱又不利于草本植物的生长。因此，应考虑用不同类型植物（如草本、灌木及乔木）的几个种的组合来达到最佳的复垦效果。填埋场的植被恢复可以分两个阶段进行：

第一阶段：主要栽植草坪、观赏地被、花卉及灌木，恢复土地的生态属性。

第二阶段：根据堆体稳定性观测，大部分垃圾稳定化后进行乔、灌、花、草等层次丰富、色彩丰富的景观种植搭配。此阶段选择的具体树种要充分考虑到树种特性和填埋场生态恢复后的最终用途等。

4 结束语

太和山垃圾卫生填埋场的污染控制和生态恢复工作，对改善区域生态环境，提升曲靖城市形象起着十分重要的作用。生态恢复后的填埋场，可用作公园、公共绿地、自然保护区、植物园、作物种植、甚至商用设施用地等。不但能为居民提供全新优美的景观和游憩空间，还能实现可持续利用土地资源。

参考文献：

- [1] 国家环境保护总局污染控制司. 城市固体废物管理与处理处置技术 [M]. 北京：中国石化出版社，2001.
- [2] 周益洪，周恭民，梅亚青. 人工湿地处理垃圾渗滤液 [J]. 环境卫生工程，2005，13 (3) .

Pollution Control and Ecological Restoration in Qujing

ZHANG Feng - cai

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

Abstract: The main problems of sanitary fill in Taiheshan were analyzed. The countermeasures on pollution control and ecological restoration for the land fill were put forward.

Key words: land fill; pollution control; ecological restoration; Qujing



(上接第 60 页)

Investigation of the Present Situation of Gray Water Treatment and Reclamation in Kunming

WEN Dong - hui¹, DING Man¹, GONG Xun - mu², ZHANG Yun - jin²,
LIU Zhi - yong², SONG Wen - yi², BAI Yao - hui¹, XIE Shu - guang¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Beijing University, Beijing 100871 China)

Abstract: Gray water treatment and reclamation has been attached higher importance to Kunming municipal development in recent years. In the urban area of Kunming, the gray water treatment facilities, operation & management, treatment efficiency, and economic inputs were investigated. Based on the investigation results, the present situation and problems of the gray water treatment and reclamation were analyzed and summarized. More supports shall be paid to the sustainable development of water reclamation in Kunming.

Key words: gray water; reclamation; investigation; Kunming

天津市热镀锌企业清洁生产审核实践探索

樊在义¹, 孙蕊², 杨勇²

(1. 天津港保税区环境保护局, 天津 300308; 2. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191)

摘要:以热镀锌企业清洁生产审核为例, 归纳审核技术要点, 总结了天津市第一批重点企业实施清洁生产审核的经验。

关键词:热镀锌企业; 清洁生产审核; 实践; 天津市

中图分类号: X38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2011) 05 - 0077 - 04

为促进清洁生产发展, 环保部相继出台《中华人民共和国清洁生产促进法》、《清洁生产审核暂行办法》, 并明确了重点企业需要实施强制性审核。2005年印发的《重点企业清洁生产审核程序的规定》标志着强制性清洁生产审核被纳入了全国环境管理工作范围, 带动了清洁生产各项工作的全面推进^[1]。结合本市实际情况, 2008年9月10日天津市出台了《天津市清洁生产促进条例》, 其中第十三条规定增加了“年综合能耗在5000吨标准煤以上的; 年取水量在20万吨以上的”重点企业范围。2010年贯彻环境保护部《关于深入推进重点企业清洁生产的通知》(环发〔2010〕54号), 天津市经信委、环保局联合下达2010年度实施清洁生产审核的重点企业名单, 涉及企业84家。天津市探索并建立一套可行的清洁生产审核方法是顺利推进重点企业实施清洁生产的保障。

1 热镀锌企业被列为天津市重点企业的背景

到2010年底, 随着矿石、能源、劳动力价格上涨, 生产成本不断增加, 热镀锌行业发展空间受限。天津市热镀锌行业产业能耗高, 综合能耗多数已达5000t标准煤; 镀前清洗工艺造成水耗大, 废水排放量高, 年新水耗量达20万t左右; 为了保证镀锌钢板在储运过程中不生白锈、耐腐蚀, 企业最常用工艺是铬酸盐(含六价铬)处理, 而六价铬属于重金属, 对于涉及重金属使用及产生的行业列为天津市2010年重点实施清洁生产审核的行业。因我国尚无热镀锌企业清洁生产审核的先例, 本文重点通过介绍天津市一热镀锌企业审核实践, 总结开展重点企业清洁生产审核思路及技巧、方法, 为

进一步推进重点企业审核工作提供审核经验。

2 清洁生产审核在天津热镀锌企业中的运用及技术要点分析

《清洁生产审核暂行办法》中对清洁生产审核程序做出了明确规定, 通过正确地运用一定的方法和技巧, 使得对重点企业的审核思路与具体审核工作相结合^[2], 同时能够为审核思路的实现提供可能性(见图1), 进而真正体现审核思路的规范性和严谨性。

天津市划定的重点企业类型既有共性特点, 即对环境的污染贡献的程度无论从排放总量、排放浓度还是排放毒性, 均属于较严重的企业; 又有异性特点, 即污染情况不同、审核重点不同、审核的目的不同^[1]。所以在重点企业中开展清洁生产审核必须抓住共性, 分清异性, 把审核过程的关注点和技术方法及时归纳和总结。

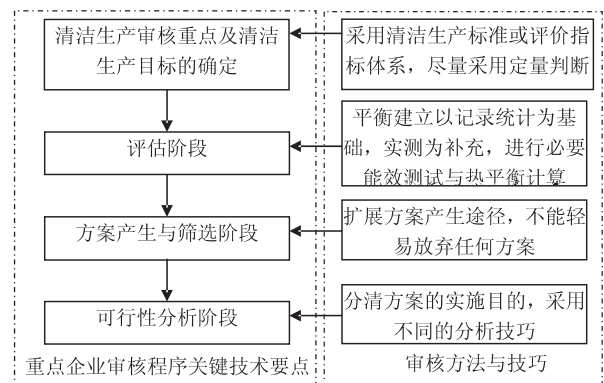


图1 重点企业审核程序实践方法及技巧操作图

2.1 清洁生产审核重点及清洁生产目标的确定

清洁生产审核重点的确定和目标的设定是完成审核及体现实效的重要环节。在《工业清洁生产评价指标体系编制通则》GB/T 20106 - 200指导下, 总结归纳与公司相关的各项清洁生产指标,

收稿日期: 2011 - 04 - 18

作者简介: 樊在义 (1974 -), 男, 硕士, 工程师, 主要从事环境管理方面研究。

选择适用于企业的清洁生产评价指标，建立指标体系如图2，采用指标对比法对企业进行清洁生产分析。

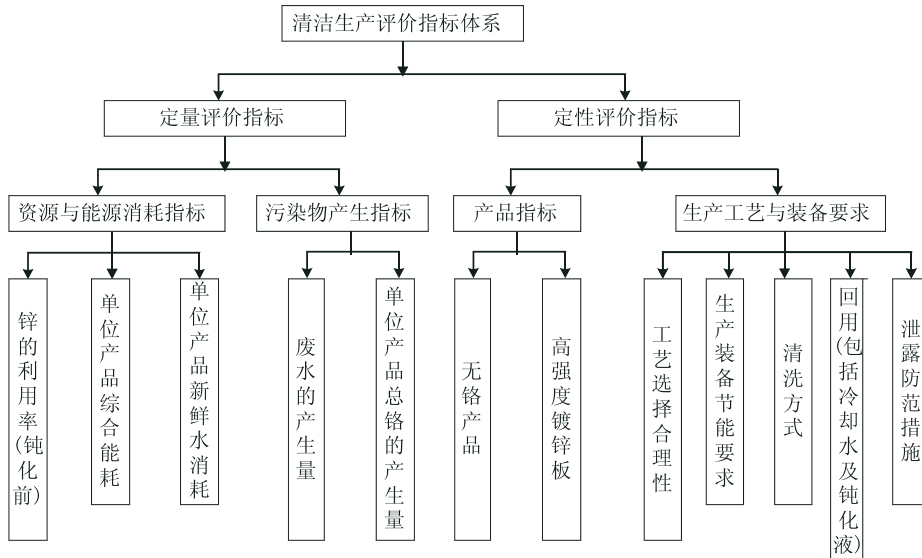


图2 热镀锌企业清洁生产指标体系

从对比结果看，该企业目前的生产工艺装备水平7项指标，14个子项，其中有12个子项达到指标要求，达标率85%以上；资源与能源消耗指标综合能耗及锌的利用率均属国内一般水平；污染物产生指标属一级较为先进。产品指标评分较低。从定量评价及定性评价方面，综合考虑企业基本属于清洁生产企业。但在资源上水的循环利用、锌的利用效率；能源利用上电能消耗、蒸汽消耗等；污染物排放上单位产品总面积总铬的产生量等：仍有较大的改进空间。

基于企业的清洁生产指标分析结果，以权重总和和分权计分排序法，采用半定量的方法进行分析来确定本轮清洁生产审核的重点，此方法可以提高决策的科学性和客观性，为实施清洁生产方法提供可靠的依据。

2.2 评估阶段技术要点

通过该热镀锌企业的清洁生产指标建立与比较分析，可知该企业能耗高、使用六价铬（重金属）及污水排放的问题均是清洁生产的潜力点，需要进一步进行平衡测试分析，寻求问题原因及解决方案^[3]。目前进行的清洁生产审核工作重点多关注于污染物排放，对于能源节约方面的评估相对较弱^[4]，而热镀锌生产过程中超过95%的能耗是热耗，本文举例的热镀锌企业能耗以清洁能源电为主，仅仅通过建立能源平衡已满足不了节能方案提出的需要，需要对最大的热耗部位还原退火炉做热

能测试（如图3和表1所示），推行热诊断技术。

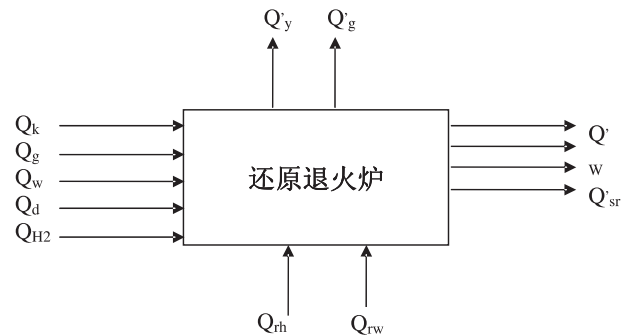


图3 热平衡图

热平衡方程式：热收入 = 热支出 + 差值

通过测试分析，计算炉子的各项热收支平衡，得出生产线产量低、炉体保温性能较差及炉口散热量高是导致该企业综合能耗高的重要原因。

2.3 方案产生与筛选阶段工作要点

清洁生产方案的产生与实施，是清洁生产审核的核心内容，也是清洁生产工作能否取得实际成效的决定性因素。清洁生产方案要达到的主要目标是：最大限度地减少生产排放物中原辅材料的损失，回收有用物质，提高产品产量，以减少污染物的产生和排放，同时提高经济效益^[5]。该热镀锌企业在审核过程中产生的方案及其筛选情况如表3。

该阶段的工作任务就是提出解决方案，产生方案的途径为方案的落实提供保障，归类产生途径类型为：全厂范围内征集方案；行业专家提出措施；

审核师及咨询机构提出的建议。对于提出的方案选择要结合企业实际，因地制宜地进行分类说明。在审核过程，由于企业在行业中所处位置不同，如企业为运作主体的话，对审核师提出的方案可能企业

并不能完全接受，但由于审核师提出的方案体现清洁生产的基本思想，考虑的更加宏观，可以将这些方案的形成及技术要点在审核报告中体现出来，作为企业可持续清洁生产的重要依据。

表1 热平衡表

收入项		支出项	
符号	项目	符号	项目
Q_{rh}	燃气燃烧的化学热	Q'_w	钢板带出的物理热
Q_{rw}	燃气带入的物理热	Q'_y	保护气体带出的物理热
Q_k	干助燃空气带入的物理热	Q'_g	烟气中水分带出的物理热
Q_g	助燃空气中水分带入的物理热	Q'_{sr}	炉体表面散热
Q_w	钢带带入的物理热	Q'_s	冷却水带出的热量
Q_d	电气发热元件发出的热量	$\Delta Q'$	差值
Q_{H_2}	氢气燃烧的化学热		
ΣQ	收入热量合计	$\Sigma Q'$	支出热量合计

表2 本文案例测试分析结果、原因分析及解决方案汇总表

测试项目	退火炉的小时产量估算值	表面散热损失量 Q'_{sr}	钢带吸热量 Q'_w	冷却水及保护气体热支出 $Q'_y + Q'_g + Q'_s$
数据结果	仅为设计能力的46.78%	7.95%	46.78%	45.27%
原因分析	生产线产量远低于设计能力；炉口跑气等，密封效果差，炉体保温性能需改善，造成表面散热损失比例偏大，退火炉热效率偏低			
解决方案	提高生产线的产量；改善炉体的保温性能；完善炉体密闭隔热性能等			

表3 本文案例部分清洁生产审核方案初步筛选过程汇总

方案编号	筛选因素						筛选结果
	技术可行性	环境效益	经济效果	实施难易程度	对生产和产品的影响	可持续发展前景	
F1. 蒸汽冷凝水回收利用	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F2. 空压机改造	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F3. 改造沉没辊降低磨损	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F4. 改善工艺设备，调整工艺，降低锌耗	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F5. 改善脱脂段保温，减少蒸汽消耗	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F6. 合理使用变压器、照明及电热设备，减少线路损耗	可行	正效益	好	一般	无	好	初步可行方案
F7. 优化钝化处理，开发六价铬钝化的替代工艺	挂起来	正效益	为负收益	较难	有一定影响	有很好的可持续发展前景	储备方案
F8. 还原退火炉节能改造方案	可行	正效益	好	难度较大	无	好	需进一步进行分析
F9. 废水回用方案	可行	正效益	好	难度较大	无	好	需进一步进行分析
F10. 无铬钝化产品研发	暂不可行	正效益	难以预计	难度很大	有影响	好	放弃的方案

2.4 可行性分析阶段工作要点

在可行性分析阶段，一般清洁生产方案最大的优势在于既有经济效益也有环境效益。首先进行技

术分析，技术上可行是至关重要的。其次考虑的可能是经济可行，也可能是环境可行。进行经济可行性分析时，经济指标净现值大于等于零是较为理想

的方案,同时也不排斥净现值小于或等于零的方案。环境可行分析要根据重点企业类型进行具体分析。

清洁生产的初步方案形成后,需要对其进行可行性研究,应考虑的因素包括:技术可行性(技术先进性及成熟度)、环境效果(包括减少废弃物的数量和毒性)、经济效益(包括企业直接获得的经济收益以及企业减少的末端处理的投入成本)、实施难易程度以及对生产和产品的影响^[3]。对于重点企业的方案可行性分析除了以上的基本面分析,应该着重考虑:减排污染物量,在源头上减少或者替代有毒有害等物质的使用,在生产过程中减少或消除有毒有害等物质的产生,以及使得能源消耗最大化减少的可行性方面。所以体现在企业最为关注的经济指标净现值不一定要大于零,小于或等于零的方案也是可以接受的。本文案例企业目前采用的是工艺简单、成本低、抗蚀性能好的钝化工艺,审核中提出的方案是取代现有钝化工艺,此方案的实施会提高企业投入成本,并对企业的技术管理提出更高的要求,可行性分析中净现值小于零,但由于六价铬是致癌物质,对人体及环境都有严重危害,加之国家与地方政府严格限制铬酸盐(六价铬)的使用、排放,所以该方案仍应作为本轮审核的清洁生产方案去实施,可行性分析的重点就应落在环境效果上。

3 结语

清洁生产审核在热镀锌企业的成功实施,为企

业的可持续发展提供了方向。合理运用清洁生产审核技巧促进企业实施清洁生产,可以帮助企业以最小的成本达到污染控制标准,以尽量减少能源消耗,获得与原来等效或者更有效的经济产出。按清洁生产标准改造和优化工艺流程,对企业节能减排帮助很大,通过审核过程指标建立与评价,从定量定性指标分析,可让企业找到自身存在的差距,对清洁生产审核重点的确定及目标的制定都能起到重要作用;评估阶段平衡建立考虑采用热能测试来分析数据,实际测量与计算分析可以找出污染物产生和浪费产生的真正原因和产生的环节,这是针对企业的实际情况采取的切实可行的分析方法,为清洁生产方案的产生打下了坚实的基础;方案的产生与筛选需要将方案的产生手段及分选方法列出,应以审核思路的顺利展开做为调整的最终目的;方案的可行性分析为方案的实施力度、确定实施的方法及最终实施提供最初的参考。

参考文献:

- [1] 于秀玲,尹洁. 重点企业清洁生产审核技术要点初探[J]. 环境与可持续发展, 2009, (3).
- [2] 孙大光. 清洁生产审核思路的实现方法与形式[J]. 环境与可持续发展, 2009, (6).
- [3] 国家环境保护总局. 清洁生产审计培训教材[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [4] 刘扬. 清洁生产审核中基于资源、能源审核重点的评估方法[J]. 环境科学与管理, 2009, (7).
- [5] 赵玉明. 如何做好重点企业清洁生产审核[N]. 中国环境报, 2008 -11 -10 (002).

Application of Cleaner Production Audit on Hot Galvanizing Enterprises in Tianjin

FAN Zai - yi¹, SUN Rui², YANG Yong²

(1. Environmental Protection Bureau of Tianjin Port Free Trade Zone, Tianjin 300308 China)

Abstract: The key technological points of cleaner production audit were summarized by taking hot galvanized enterprise in Tianjin as an example. The practical experiences on cleaner production audit for the first key enterprises in Tianjin also were summed up.

Key words: hot galvanizing enterprise; cleaner production audit; practice; Tianjin

水电站建设对生态环境的影响及评价

李锦胜

(大理州环境监测站, 云南 大理 671000)

摘要: 概括了水电站的建设对水文过程、河流及下游湿地地貌、生物多样性、水质等多方面的影响, 并对其生态环境影响评价的原则、评价标准及评价指标的选择等内容进行了总结。

关键词: 水电站; 生态环境; 影响评价

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0081-03

1 前言

自古以来, 河流就是人类赖以生存的重要资源。作为人类文明的重要发源地, 河流为人类的生存和发展提供了灌溉、养殖、航运等多重服务功能。进入现代文明后, 人类对河流的开发日益加剧, 其中拦河建坝修建水电站就是一个典型的代表。电站的修建给人类带来了巨大的经济和社会效益。如伏尔加河流域通过多个大中型水电站的建设使得该区成为前苏联经济最为发达的地区之一^[1]。近年来, 我国水电站的建设更是发展迅速, 其中仅云南省已规划建设的大型水电站就有 50 多座^[2]。而 2003 年开始运行的三峡水电站更是引起了世界的高度关注。不可否认, 水电站的建设不仅产生了巨大的防洪、发电、航运等经济效益, 同时作为一种相对清洁的发电模式, 还有效地保护了环境, 产生了巨大的环境效益。然而任何水利工程的兴建对于河流及人类社会来说都是把双刃剑, 水电站在给人类带来经济和环境利益的同时, 也对河流及其下游生态系统产生了多层次的负面影响, 如导致下游湿地生态系统退化、生物多样性下降等。因此认知水电站对生态环境的影响并对其进行客观评价对于正确认识水电站的综合效益、指导水电站的兴建具有重要的意义。当前有关水电站建设对生态环境影响及评价的研究均是基于某一水电站的水平上进行的, 系统总结性的研究仍比较欠缺。本文试图对这两方面的内容进行总结归纳。

2 水电站建设对生态环境的影响

2.1 对河流及下游生态系统水文过程的影响

水电站的兴建从根本上改变了河流原有的水文情势, 引起水文过程输移规律的变化, 并对下游湿

地生态系统产生深远影响。具体来讲, 水电站对水文过程的影响可分为以下几个方面:

首先水电站的兴建可以通过控制水流量来影响下游的水位、流量、洪水频率等。如石虎塘航电枢纽工程的兴建使得下游最高水位在非洪水期明显降低^[3]; 三峡水电站的兴建对下游水文的影响更是显著: 由于其具有 110.8 亿 m^3 的防洪库容, 使得下游洪水爆发频率急剧下降。

此外水电站的兴建还改变了水文时空分布不均的现象。使得下游水资源的分配更加趋于均匀, 这对于降低下游洪水爆发的频率及维持下游灌溉、航运等活动在枯水季节的正常运行都是有利的。

再次, 水电站由于拦截大量流水, 使得上游泥沙得到一定程度的沉降, 进而导致下游湿地生态系统受泥沙淤积的程度逐渐减弱。据不完全统计, 水库拦截泥沙率从 33% ~ 99% 变化不等。如尼罗河阿斯旺电站修建后使得下游 Gaafra 站含沙量由原来的 3760ppm 下降到现在的 46ppm^[4], 这有利于下游湿地生态系统服务功能的维持和保护。

2.2 对河道及下游生态系统微地貌的影响

河道的稳定性对于维系沿岸人民生命财产的生命安全具有重要的作用。因此, 水电站的兴建对河道结构影响的研究也一直是研究的热点问题之一。水电站的修建不可避免地会对河道的深度、宽度等形态特征产生影响。水流是河道及下游生态系统地貌塑造的直接动力。径流量、变幅、各流量级持续时间等多个水文要素决定了水沙的造床动力特征。通常认为水电站的兴建将有利于下游河道的稳定性发展。这是因为水库的修建可以使流量过程更加趋于平和。然而在不同的河流中, 水文情势的变化对河道影响的机理及结果又存在差异性。除了对河道

影响外,水电站的兴建还对下游生态系统的地形地貌产生影响。如三峡工程的运行可通过长江中下游河段泥沙运动的调整来影响鄱阳湖区洲滩的稳定性,导致梅家洲等区域湖底不断抬高,进而影响洲滩自身的演变进程^[5]。

2.3 对河流及下游生态系统动植物多样性的影响

生物多样性是指一定范围内多种多样活的有机体有规律地组合所构成的稳定的生态综合体。可分为物种多样性、遗传多样性和生态系统多样性。生物多样性是人类赖以生存的物质基础。水电站修建后所导致水文过程的变化及相应的江湖关系调整是导致下游河流湖泊等湿地生态系统生物多样性变化的根本原因。其中水沙情势的变化是直接驱动力。当前有关水电站修建对生物多样性的研究较多,且主要集中于动植物两个方面。通常认为水电站的兴建会降低动植物的多样性水平。水电站的修建阻隔了洄游性鱼类的通道,导致洄游性鱼类种群显著下降,且这种影响可能是毁灭性的。此外,水电站的兴建还可以通过影响下游河道的水温、水体理化性质等途径改变鱼类及其他水生生物的区系组成。如三峡电站建成后,洞庭湖、鄱阳湖鱼苗大量减少,许多名贵经济鱼类极近灭绝。然而对于一些有害生物而言,水电站的兴建还可能提高其多样性水平。如三峡运行后洞庭湖东方田鼠的数量呈不断增加的趋势,这主要是由于水位下降导致洲滩出露时间增加。对植物而言,水电站建设所形成的水库会造成一些当地特有植物物种的丧失,还会导致下游湿地植被生物多样性的下降并推动植被演替的进行。此外,水电站的修建还会导致下游湖泊滩地大量裸露,大量湿地植被被开垦为农田,进而加速了湿地植物多样性减少,严重破坏了区域生态平衡。

2.4 对河流及下游湿地水质的影响

水电站的修建改变了水沙情势,导致河流及下游湿地水文周期及滞留时间产生变化,进而影响水污染物的稀释和扩散,使得水环境质量发生显著变化。如三峡工程修建后,每年的1~4月份,增加的泄流量导致鄱阳湖湖水的稀释、净化程度降低,同时还有可能加重鄱阳湖水体的富营养化,进一步影响湖区鱼类、候鸟及人类的健康^[5]。不仅如此,水电站放水冲刷时,还将导致吸附在泥沙表面的重金属重新释放到水体中,加重水体重金属污染的程度。然而,水环境受多重复杂因素的影响,迄今为

止,对水电站与其下游水质关系的认识尚未十分明确。尤其是水质与水文过程变化的作用机理尚未引起足够的重视。

3 生态环境影响评价

环境影响评价的概念早在1964年就由美国柯德维尔教授提出,其基本评价对象为生态系统,即评价生态系统在外力作用下的动态变化,预测项目建设过程中及建设后可能对生态环境带来的影响^[7]。鉴于水电站建设对河流及下游生态环境环境的重要影响,在工程实施初期及运行后一段相当长的时间内必须对工程建设及运行后河流及下游生态环境的变化进行系统评价。对水电站工程进行生态环境影响评价,就是要在科学分析及评价的基础上,全面预测和定量分析水利工程的兴建对生态环境造成的主要影响,并提出相应的防灾和减灾措施,同时通过优化工程设计及其他生态环境保护措施达到降低工程负面影响的目标。我国对水电站工程环境研究的影响早在20世纪70年代末就已开展,到20世纪90年代已开始与国际接轨,这对于当地生态环境的保护、水电站的立项及可行性分析均起到了举足轻重的作用。但由于水电站工程对生态环境的影响机制非常复杂,涉及经济与社会、文化道德等多个方面,因此对水电站生态环境影响的评价首先必须遵循一定的标准,其次在评价指标的选择中要按照一定的原则,在科学分析的基础上选择合适的评价指标,建立恰当的评价体系,只有这样才能保证评价的客观及准确性。

3.1 评价标准

任何生态环境的评价都必须遵循一定的标准,水电站建设的评价也不例外。一般而言,水电站环境影响评价的评价必须严格按照国家、地方政府或相关行业制定的标准进行。如樊远昆在对团坡水电站生态环境影响评价时,污染指数就是根据《中国生态环境质量评价研究》进行的^[6]。但如果某些环境要素难以计量,或缺乏相应规定的标准,那一般就要按照科学研究所判定的保证生态环境安全的标准进行,同时还可以与工程实施前的本底值进行比较,分析工程实施后指标的变化,从而对生态环境的变化作出合理的评价。

3.2 评价体系建立的原则

水电站建设对环境的影响评价是一个规模庞大、结构复杂、因素众多且边界模糊的大系统,为了保证评价的客观性和真实性,建立有效的评价体系是必须的。一般而言,评价体系的建立必须遵循

以下几个原则：①可持续发展原则。指评价体系的建立既要反映水电站建设对生态环境造成的影响，又要反映自然生态系统对外界干扰的承受能力；②完整性原则。即在评价体系的建立过程中必须考虑生态系统的完整性，从流域生态系统的角度去考虑水电站建设所带来的环境效应；③层次性。即在体系建立的过程中要按照水电站工程对生态环境造成的影响进行分类组合，确定不同层次的评价内容。

3.3 评价指标的选择

由于水电站影响的复杂性，在生态环境影响评价指标的选择上既要考虑到选择的全面性又要充分体现计量性，同时还要兼顾水电站建设区域的特殊性。一般而言，指标的选择主要根据水电站工程的性质、规模及周边环境的概况、影响程度的大小等方面进行。根据水电站对河流及下游生态系统的影响内容，评价指标的选择应涵盖以下几个方面：①生态系统完整性。具体指标如景观结构、景观异质性、植被生产力、物种多样性等；②生态脆弱性评价。具体指标主要涵括水土流失强度、局部地区气候变化及地震诱发程度的估算等；③水文水环境质量评价。主要包括洪峰消减参数、水体营养物质含量、BOD、COD、酸碱度、浑浊度等^[8]；④社会环境影响评价。主要指标为居民生活状况、年经济收入、旅游业发展状况、移民安置区生态占用等。当然指标的选择没有一个统一的标准，但总体原则就是既要保证指标的可操作性又要保证评价的客观性和全面性。

4 结语

自改革开放以来，我国的水电站建设得到了长足的发展。在给我国的经济发展带来巨大利益的同时，也产生了一系列的生态环境问题，并对河流及下游整个生态系统的服务功能产生了深远的影响。因此正确认识水电站开发给人类带来的利弊，确定河流开发的最大限度，实现开发与保护协调发展，不仅是当前生态环境学家应当关注的重点，更应成为有关政府部门制定政策的依据。只有正确认识水电站建设的利弊，确保经济建设和生态建设的同步进行，才能实现人与河流的和谐共处和健康发展。

参考文献：

- [1] 何用. 水沙过程与河流生态环境作用初步研究 [D]. 武汉：武汉大学，2005.
- [2] 何玉芹，欧晓昆. 云南省水电站开发对生态环境的影响及保护对策 [J]. 云南环境科学，2006，25 (2).
- [3] 詹寿根. 石虎塘航电枢纽工程对水文情势影响的分析 [J]. 人民长江，2008，39 (19).
- [4] 孙昭华. 水沙变异条件下河流系统调整机理及其功能维持初步研究 [D]. 武汉：武汉大学，2004.
- [5] 吴龙华. 长江三峡工程对鄱阳湖生态环境的影响研究 [J]. 水利学报，2007，(增刊).
- [6] 彭应登. 区域开发环境影响评价研究进展 [J]. 环境科学进展，1999，7 (4).
- [7] 樊远坤. 团坡水电站生态环境影响评价、预测及保护措施 [J]. 贵州水利发电，2006. 20 (1).
- [8] 吕庆华，蔡璐. 小水电站环境影响评价内容探讨 [J]. 四川环境，2003，22 (4).

Impacts and Assessment on Ecological Environment by Hydroelectric Station Construction

LI Jin - sheng

(Dali District Environmental Monitoring Station, Dali Yunnan 671000 China)

Abstract: The impacts on hydrologic process and downstream physiognomy and biodiversity and water quality and so on by hydroelectric station construction were summed up. The principles and standard and indexes on ecological impacts assessment were summarized.

Key words: hydroelectric station; ecological environment; impact assessment

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^{1,2}, 李彬^{1,2}, 刘晓海³, 高云涛^{1,2}, 放茂良^{1,2}, 刘琼^{1,2}

(1. 云南民族大学化学与生物技术学院, 云南昆明 650031;

2. 民族药资源化学国家民委-教育部重点实验室, 云南昆明 650500;

3. 云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034)

摘要: 制备嵌入式多壁碳纳米管修饰石墨电极 (ESCFE), 利用循环伏安法研究铅 (Pb) 的电化学行为及反应机理, 结果表明, 铅在修饰电极表面出现了一对明显的准可逆的氧化还原峰, 发生了 2 质子的电化学氧化反应。用差分脉冲伏安法研究了铅离子浓度与其峰电流的线性关系, 线性范围为 $1.8 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ g/L, 线性方程为: $i_{pa} (\mu A) = 0.12 + 1.471c \times 10^6 (g/L)$, $r = 0.9999$, 检出限为 6.0×10^{-8} g/L, RSD% 为 1.015 ($n = 5$)。利用本法对湖泊沉积物中铅进行测定, 样品铅含量: 0.218 ~ 0.6317 mg/kg, RSD: 3.3% ~ 6.2%, 加标回收率: 94.3% ~ 106.6%。

关键词: 湖泊沉积物; 铅; 测定; 嵌入式; 碳纳米管; 差分脉冲伏安法

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0084-05

湖泊沉积物是湖泊水环境的重要组成部分, 进入水环境的重金属等污染物多沉积于其中, 在适当的条件下会重新释放至湖泊水体中, 形成难以治理的内源性污染。因此, 对湖泊沉积物中的污染物尤其是重金属进行定期监测分析具有重要意义^[1]。通常湖泊沉积物铅含量不高, 且组成复杂, 基体干扰较严重。传统的原子吸收法测定灵敏度相对较低, 难以保证结果的准确性。有必要研究有效的分析方法。

碳纳米管 (CNTs) 中的碳原子主要以 sp^2 杂化为主, 具有独特的管状结构、优良的导电性、良好的电子转移能力、较大的比表面积及强吸附能力等特点。管壁中存在大量的拓扑学缺陷, 大大增加了反应活性, 是一种较好的电极修饰材料, 已成为化学修饰电极研究的热点。常见的修饰方法有滴涂、掺杂和嵌入式^[2-6]。实践经验表明, 滴涂很难做到将 CNTs 均匀地分散在电极表面, 制得的碳纳米管膜不稳定; 掺杂同样也无法将 CNTs 均匀地与石蜡混合, 也无法保证均匀地填充压在玻璃管

中。而电极的表面状况又直接影响电极的性能。因此, 前两种修饰方法很难获得性能稳定的修饰电极。但以石墨棒为基质, 通过物理机械打磨的方式, 可将多壁碳纳米管均匀地嵌入电极的表面, 在电极表面形成一层致密的膜, 与电极表面紧密结合, 制备出嵌入式多壁碳纳米管修饰石墨电极 (ESCFE), 其电极稳定性较好。

铅 (Pb) 是一种具有蓄积性、多亲和性的毒物, 对人体组织危害很大, 主要来源于环境中的汽车尾气和矿业的开采及食品中^[7]。在环境监测和食品分析中, 铅的毒理作用一直受到人们的普遍关注。目前测定食品、植物、中药中重金属铅的主要方法有原子吸收法、石墨炉原子吸收法、光电比色法、双硫脲比色法、阳极溶出法^[8-10]。由于 MWNT 的 Zeta 电位为负, 对重金属离子有很强的吸附作用^[11], 因此 MWNT 是一种较好的吸附剂, 成为了吸附领域研究的一个热点。以往的研究主要集中于表面活性剂、吸附温度等因素对 MWNT 的吸附性能的影响^[12-14], 但以 ESCFE 为工作电极, 利用循环伏安法和差分脉冲伏安法研究 MWNT 对铅离子的选择性吸附作用及其电化学氧化机理报道甚少。本实验用该电极对样品中铅进行了定量分析。

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: NSFC-云南联合基金资助项目 (U0833603)。

作者简介: 李乔丽, 女, 硕士研究生, 研究方向: 环境分析化学。

1 实验部分

1.1 仪器、材料和试剂

MEC-12B 型多功能电化学分析系统 (江苏江分电分析仪器有限公司); 三电极系统: 修饰电极为工作电极, 饱和甘汞电极为参比电极, 铂电极为辅助电极。

多壁碳纳米管 (MWNT, 购自中国科学院成都有机化学研究所); 光谱纯石墨棒 (青岛腾瑞炭素有限公司, 直径: 0.6 cm); Pb^{2+} 标准溶液浓度为 0.1 g/L, 采用 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 配制, 配好后加入 1% HNO_3 5 ml; 0.1 mol/L 醋酸和醋酸钠, 实验时按一定比例混合, 配制成所需的 pH; 浓硝酸; 高氯酸。所有试剂均为分析纯, 实验用水均为二次蒸馏水。

湖泊沉积物取滇池草海二期疏浚工程的运粮河西堆场、王家堆堆场和盘龙江入湖口的新鲜样品, 采集到的样品置于背光通风处阴干, 用玻璃棒捻碎, 剔出大小砾石及动植物残体等杂物, 样品过 20 mesh 筛, 用四分法缩分至 5~10 g, 用研钵研细至 100 mesh。

1.2 嵌入式超薄多壁碳纳米管修饰石墨电极 (ESCFE) 制备

1.2.1 多壁碳纳米管的开口化处理

将多壁碳纳米管 (MWNT) 在浓 HCl 中超声 7.5 h 进行纯化, 纯化后的 MWNT 加浓 HNO_3 在 140℃ 下回流 8 h, 二次水洗至中性, 在 100℃ 烘干研成粉末, 根据文献^[15]经浓 HNO_3 回流处理后的 MWNT, 在打开其端口的同时会引入羧基和羟基官能团 (MWNCT-OH)。

1.2.2 嵌入式多壁碳纳米管膜修饰电极 (ESCFE) 制备

以环氧树脂为粘合剂, 截取 6 cm 左右石墨棒, 将其密封于适当长度的聚乙烯管中, 一端伸出管外用作电极接线, 另一端在不同粒径的金相砂纸 (由粗到细) 上打磨成镜面, 并置于放有约 1 mg MWNCT-OH 的硫酸纸上仔细地打磨约 10 min, 使多壁碳纳米管均匀嵌入电极表面, 然后用水淋洗, 滤纸吸干, 即得 ESCFE 修饰石墨电极。

1.3 循环伏安法和差分脉冲伏安法测定

用移液管移取一定量的 Pb^{2+} 离子溶液, 用 0.1 mol/L pH = 5.40 醋酸-醋酸钠缓冲溶液稀释至 10 ml, 摇匀, 采用三电极系统, 在 -1.1 ~ 0.0 V 电位范围内, 以 0.10 V/s 的扫速进行循环伏安 (CV) 扫描和差分脉冲伏安法 (DPV) 测定, 记

录 CV 和 DPV 曲线。

1.4 样品处理

准确称取 1.0 ~ 5.0 g 风干沉积物样品, 于 650℃ 灼烧 2 h 以去除其中有机物, 转移至三角烧瓶中, 用少许水润湿后, 加入 15 ml HCl (ρ 1.19 g/ml), 低温加热消解 1 h, 蒸发至约剩 5 ml 时加入 25 ml HNO_3 (ρ 1.42 g/ml), 继续加热近粘稠状, 移入聚四氟乙烯坩埚中, 加入 5 ml HF (ρ 1.15 g/ml), 继续加热, 最后加入 5 ml HClO_4 (ρ 1.67 g/ml), 并加热至白烟冒尽。取下冷却后用 3~4 ml 水洗涤消化后的样品, 转移到 10 ml 容量瓶中, 再用同样的水洗涤烧瓶 2 次, 洗涤转移至容量瓶, 定容, 取 10.0 ml 消解后的样品溶液测定。

2 结果与讨论

2.1 打磨时间的选择

将电极置于放有约 1 mg MWNCT-OH 的硫酸纸上打磨 1 min、2 min、5 min、10 min、15 min 后, 按 1.3 的实验方法进行实验。结果表明, 打磨 10 min 后, 峰电流增加较为明显, 表明多壁碳纳米管已经嵌入到电极表面, 延长打磨时间, 峰电流基本不变。从多个角度考虑, 本实验采用 10 min 为打磨时间。

2.2 缓冲溶液的选择

分别以 0.04 mol/L pH = 5.40 的 B-R 缓冲溶液、0.1 mol/L pH = 5.40 的 PBS 缓冲溶液、0.1 mol/L pH = 5.40 的醋酸-醋酸钠、0.1 mol/L pH = 5.40 磷酸氢二钠-柠檬酸、0.1 mol/L pH = 5.40 柠檬酸-柠檬酸钠为支持电解质, 考察了 0.001 g/L 铅在修饰电极上的电化学行为, 结果表明, 在 0.1 mol/L pH = 5.40 的醋酸-醋酸钠中铅的峰形较好, 峰电流也较大, 故本实验采用 pH = 5.40 的醋酸-醋酸钠缓冲溶液为支持电解质。

2.3 缓冲溶液的酸度对铅离子氧化峰电流的影响

考察了 pH 为 3.60 ~ 6.00 酸度范围内的醋酸-醋酸钠缓冲溶液对铅离子在修饰电极上的氧化峰电流的影响, 结果见图 1。从图 1 可以得出, 随着 pH 增大, 峰电流 i_{pa} 先增大后减小, 当 pH = 5.40 时, 峰电流值最大。

实验结果表明, 石墨电极经 MWNCT-OH 修饰后, 制得的 ESCFE 修饰石墨电极对 Pb^{2+} 有较强的吸附作用, 且修饰电极表面上的羟基亲水基团成为了 Pb^{2+} 离子的键合作用点^[16]。当 pH 较低时, 铅离子主要以 Pb^{2+} 存在, 此时溶液中 H^+ 离子浓度较高, 抑制了铅离子的吸附, 峰电流较低, 精密度

低,不利于测定。随着 pH 值的增大,溶液中的铅主要以羟基络合形态存在,体系中 H^+ 浓度低,羟基中氢离子电离作用进一步增强,有利于发生离子交换反应,易实现 Pb^{2+} 与电极表面上的亲水基团间的电子传递,发生氧化还原反应,导致峰电流值增大。但是随着 pH 的增大,铅的水解作用也随着增强,不利于富集作用。故本文选择 pH 为 5.40 的醋酸-醋酸钠缓冲溶液进行实验。

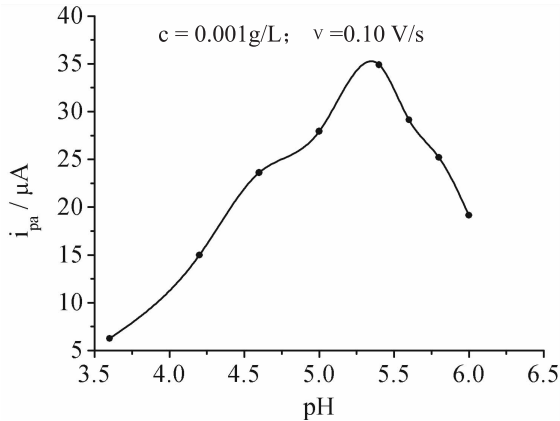


图1 pH值与氧化峰峰电流的关系

2.4 扫速对电极过程的影响

图2为0.01 ~ 0.20 V/s 扫速范围内,0.001 g/L 铅在 ESCFE 电极上的 CV 曲线。从图中可以看出,随着扫速的增大,其峰电流值也随着增大,峰电位发生负移。当扫速过大时,峰电流值增大,背景也随着增大,不利于测定;扫速过小时,峰电流较小,无法准确判断峰电流;当扫速为 0.10 V/s 时,峰电流最大。故采用 0.10 V/s 为扫速进行实验。

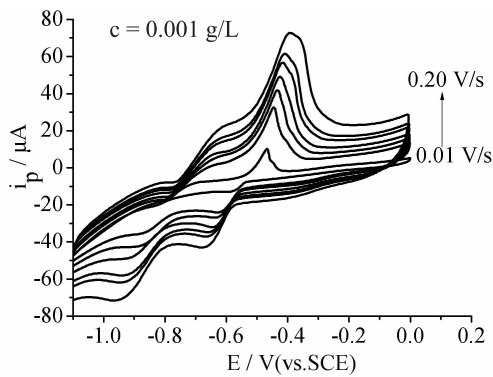


图2 不同扫速下铅的CV曲线

在扫速 0.04 ~ 0.10 V/s 范围内,峰电流 i_{pa} 与 $\ln v$ 呈良好的线性关系,线性方程为 $i_{pa} = 15.954 \ln v - 40.733$ ($r = 0.9952$),说明在此扫速范围内,电极反应过程主要是受吸附和扩散共同控制。

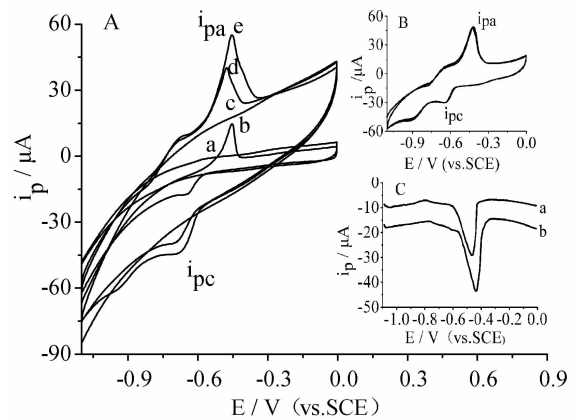
在扫速 0.10 ~ 0.20 V/s 范围内,峰电流 i_{pa} 与 v 呈线性关系,线性方程为 $i_{pa} = -0.425 v + 86.945$ ($r = 0.9902$),说明在此扫速范围内,电极反应过程主要是受吸附控制。

2.5 铅在不同电极上的循环伏安曲线

图3A中a和c曲线分别为裸石墨电极(GC)和嵌入式多壁碳纳米管修饰电极(ESCFE)在0.1 mol/L pH = 5.40 醋酸-醋酸钠底液中,以0.10 V/s 为扫速时的电化学响应;b曲线、d曲线分别为GC和 ESCFE 修饰电极在含有0.001 g/L 铅的醋酸-醋酸钠中的 CV 曲线,e曲线为0.0015 g/L 的铅在 ESCFE 电极的 CV 曲线。

由图3A可知,电极在底液中没有出峰,加入一定量的铅溶液后,在电极上出现了一对可逆的氧化还原峰,并且随着铅离子浓度的增加,峰电流也增大。其中氧化峰的峰电流从 25.60 μA (d曲线)变为 35.56 μA (e曲线),说明铅能够到达电极表面发生氧化还原反应,产生峰电流。经过 MWNCT-OH 修饰后,电极性能得到了明显的改善,等浓度的铅在 ESCFE (d曲线)上产生的峰电流也明显高于 GC (b曲线)的,约为 GC 的 2 倍,说明碳纳米管已经嵌入电极的表面,增加了单位电极表面的反应位点,增大了与铅的接触面积,最终导致峰电流的增大。

图3B为连续循环扫描5次的 CV 曲线,第一圈所得的峰电流明显大于其他几圈的,随着扫描次数的增加,峰电流及峰电位基本不变。说明铅在修饰电极表面有吸附现象,且很容易达到吸附饱和。扫描后,只需置于缓冲溶液中扫描多次直至没有峰为止,即可获得新鲜的电极表面。



A图:电极修饰前后的CV曲线, B图:连续扫描5次的CV曲线($c = 0.001 \text{ g/L}$), C图:电极修饰前后的DPV曲线($c = 0.001 \text{ g/L}$) (a: GC+ 醋酸-醋酸钠 b: GC + 0.001 g/L Pb^{2+} c: ESCFE + 醋酸-醋酸钠)

图3 铅在电极上的CV曲线

图3C为石墨电极修饰MWNCT-OH前后的DPV图,其中a曲线为修饰前0.001 g/L的铅在GC上的DPV曲线,b曲线为同等浓度的铅在ES-CFE修饰电极上的电化学响应。b的峰电流高于a的,进一步说明了MWNCT-OH已经成功地修饰于电极表面,碳纳米管的羟基等亲水基团与电极本身的疏水基团形成双亲结构,降低溶液的表面张力,改善了体系界面状态,从而对铅离子起到了显著的增敏催化作用^[17]。

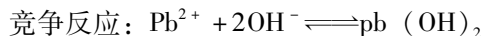
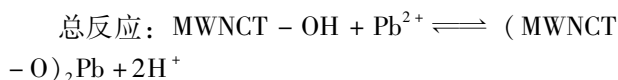
2.6 铅的电化学氧化反应机理

实验表明,碳纳米管经过1.2.1的开口化处理,引入了羟基等含氧官能团,并与铅离子在ES-CFE修饰电极表面上发生了氧化还原反应,此反应还与底液的酸度密切相关。底液的pH值不同,铅的存在形态不同,与MWNCT-OH的络合的能力也不同。当pH值为5.40时,MWNCT-OH对铅的吸附作用较强,峰电流最大,并且在扫速0.10~0.20 V/s范围内,电极反应过程主要是受吸附控制。根据Laviron^[18]理论,此吸附体系符合Langmuir吸附等温式:

$$i_p = \frac{n^2 F^2 A \Gamma v}{4RT} = \frac{nFQv}{rRT} \quad (1)$$

$$Q = nFA\Gamma T \quad (2)$$

Q为循环伏安单一过程的氧化峰或还原峰峰面积(以电量计); $v = 0.10$ V/s; $F = 96485$ C/mol; $R = 8.3145$ J/(K·mol); $T = 298.15$ K。由式(1)可得 $n = 1.78 \approx 2$ 。说明铅在修饰石墨电极上发生了2个电子的电化学氧化过程,并且吸附于修饰电极表面的 Pb^{2+} 在-0.68V处还原为铅,产生还原峰,其氧化机理为:



2.7 检出限和RSD%的测定

利用差分脉冲伏安法(DPV)研究了铅浓度与氧化峰电流的关系,结果表明,铅的浓度与其峰电流在 $1.8 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ g/L范围内呈线性关系,其线性方程为 $i_{pa}(\mu\text{A}) = 0.12 + 1.471c \times 10^6$ (g/L), $r = 0.9999$,检出限为 6.0×10^{-8} g/L, RSD% ($n = 5$) 为1.015%,说明此方法可靠,重现性、精密度均较好。

2.8 干扰离子的考察

在优化的实验条件下,分别将一定量的共存离子 K^+ 、 Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Zn^{2+} 、 PO_4^{3-} 、 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 加入含 Pb^{2+} 的测试溶液中进行循环伏安扫描,考察了共存离子与待测离子 Pb^{2+} 在修饰电极表面上的竞争吸附。实验结果发现,待测液中含有的大量的 K^+ 、 Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 Zn^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 在-1.1~0.0 V电位范围内均不出峰,说明这些共存离子不会干扰铅离子的测定,且说明了MWNCT-OH对待测离子铅具有选择性吸附作用; Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 离子在-1.1~0.0 V电位范围内出峰,其在修饰电极上的氧化峰电位分别为-0.44 V、-0.64 V、-0.03 V,说明MWNCT-OH对 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 离子也有吸附作用,但出峰的电位不同,故不干扰铅离子的测定。

2.9 样品的测定

按照实验方法测定了3个滇池沉积物样品铅的含量,结果见表1,铅的含量:0.218~0.6317 mg/kg,相对标准偏差RSD:3.3%~6.2%,加标回收率:94.3%~106.6%。

表1 滇池沉积物样品中铅分析结果 ($n=5$)

样品	铅含量/mg·kg ⁻¹	RSD/%	加标量/mg·kg ⁻¹	测量值/mg·kg ⁻¹	回收率/%
滇池草海沉积物-1	0.6317	4.7	0.5	1.113	96.3
滇池草海沉积物-2	0.424	3.3	0.5	0.957	94.3
盘龙江入湖口沉积物	0.218	6.2	0.5	0.751	106.6

参考文献:

- [1] LI Renying, YANG Hao, ZHOU Zhigao, et al. Fractionation of Heavy Metals in Sediments from Dianchi Lake [J]. Pedosphere, 2007, 17 (2).
- [2] 王栋, 汪振辉. 嵌入式超薄化学修饰碳糊电极及抗坏血酸的电化学行为研究 [J]. 分析实验室, 2008, 27 (4).
- [3] 汪振辉, 张卉. 嵌入式超薄碳糊膜电极伏安法同时测定黄嘌呤和次黄嘌呤 [J]. 分析化学, 2005, 33 (5).
- [4] 汪振辉, 黄爱平, 乔海燕, 等. 嵌入式超薄微晶纤维素/碳糊电极的构建及应用 [J]. 应用化学, 2009, 26 (7).
- [5] 汪振辉, 李志果, 等. 嵌入式超薄碳膜电极的伏安行为及其应用 [J]. 分析化学, 2005, 33 (4).
- [6] 董绍俊, 车广礼, 谢远武. 化学修饰电极 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.

- 出版社, 2003.
- [7] 韦友欢, 黄秋婵. 铅对人体健康的危害效应及其防治途径 [J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25 (4).
- [8] 李新华. 示差脉冲溶出伏安法测定食盐中痕量铅 [J]. 理化检验 - 化学分册, 2005, 41 (2).
- [9] 高云涛, 胥义能. 铋膜电极微分电位溶出法测定药物中微量铅 [J]. 药物分析杂志, 2009, 29 (2).
- [10] 费俊杰, 易芬云. 槲皮素化学修饰碳糊电极吸附溶出伏安法测定痕量铅 [J]. 分析化学, 2001, 29 (8).
- [11] 王丽波, 李双. 碳纳米管应用于吸附铅离子的研究 [J]. 内蒙古石油化工, 2010, (3).
- [12] 许乾慰, 陈丽丽. 表面活性剂对多壁碳纳米管吸附 Pb^{2+} 的影响 [J]. 环境污染与防治, 2009, 31 (3).
- [13] 明亮, 习霞, 刘杰. 水中痕量铅多壁碳纳米管修饰电极测定 [J]. 中国公共卫生, 2007, 23 (4).
- [14] 曾卫环, 王红娟, 彭峰. 碳纳米管对铅离子的吸附性能研究 [J]. 广东化工, 2005, (1).
- [15] 曹清, 陈召勇, 李言荣, 等. 碳纳米管纯化的研究进展 [J]. 电子元件与材料, 2004, 23 (9).
- [16] 姜冉, 狄晓威. 碳纳米管修饰玻碳电极方波伏安阳极溶出法测定痕量铅 [J]. 冶金分析, 2007, 27 (3).
- [17] 毛蕾蕾, 王宗花, 等. 羧基化碳纳米管在荧光光度法测定铅中的应用 [J]. 高等学校化学学报, 2006, 5 (27).
- [18] Laviron E. General expression of the linear potential sweep voltammogram in the case of diffusionless electrochemical systems [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 1979, 101 (1).

Different Pulse Voltammetry Determination of Lead in Lake Sediment with Inlaid Carbon Nanotubes Modified Graphite Electrode

LI Qiao - li^{1,2}, LI Bin^{1,2}, LIU Xiao - hai³, GAO Yun - tao^{1,2}, FANG Mao - liang^{1,2}, LIU Qiong^{1,2}

(1. School of Chemistry and Biotechnology of Yunnan Nationalities University, Kunming Yunnan 650031 China)

Abstract: The inlaid multi - wall carbon nanotubes modified graphite electrode (ESCFE) was prepared, and the electrochemical behavior and reaction mechanism of lead were investigated by cyclic voltammetry at ESCFE. A couple of sensitive and quasi - reversible peaks were observed with tow protons. Differential pulse voltammetry (DPV) was used to determinate the contents of lead. The oxidization peak current was linear with the concentration of lead in the range of $1.8 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ g/L, the detection limit was 6.0×10^{-8} g/L, and the RSD% ($n=5$) was 1.015. Trace lead in samples were successfully determined with satisfactory results. The proposed method was applied to determine lead in lake sediments, the Pb content, RSD and recoveries of the samples were 0.218 ~ 0.6317 mg/kg, 3.3 ~ 6.2% and 94.3 ~ 106.6%, respectively.

Key words: lake sediment; lead; determine; inlaid; carbon nanotubes; differential pulse voltammetry

浅析荧光法测定蓝藻生物量的可行性

杨晓冬

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

摘要: 比较荧光法与群落计数法的测定方法和实验结果, 用 t 检验法分析两种方法的差异性, 通过回归分析验证荧光法测定蓝藻生物量的稳定性和线性响应性, 认为荧光法测定蓝藻生物量可行。

关键词: 群落计数法; 荧光法; 蓝藻生物量; 可行性

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0089-03

近年来, 大量工业废水、生活废水排入天然湖体, 致使湖体呈现富营养化。许多内陆湖泊, 包括太湖、巢湖、滇池等都出现了蓝藻暴发现象, 严重时耗尽水中氧气造成鱼类死亡, 更为严重的是, 蓝藻中有些种类(如微囊藻)还会产生毒素(简称 MC), MC 除了直接对鱼类、人畜产生毒害之外, 也是肝癌的重要诱因。因此对蓝藻的预警监测就显得尤为重要, 而蓝藻生物量又是表征蓝藻多与少的最重要指标, 能否及时、准确测定水体中的蓝藻生物量无疑是蓝藻预警监测最重要技术支撑。

1 群落计数法与荧光法简介

目前, 蓝藻生物量的测定, 标准方法是《水和废水监测分析方法(第四版)》中的群落计数法, 其测定步骤为: 吸取 0.1ml 样品注入 0.1ml 计数框, 在 10×40 倍或 8×40 倍显微镜下计数, 藻类计数 100 个视野, 计数两片取其平均值。如两片计数结果个数相差 15% 以上, 则进行第三片计数, 取其中个数相近两片的平均值。亦可采用长条计数法, 选取两相邻刻度从计数框的左边一直计数到计数框的右边称为一个长条。与下沿刻度相交的个体, 应计数在内, 与上沿刻度相交的个体, 不计数在内, 与上、下沿刻度都相交的个体, 以生物体的中心位置作为判断的标准, 也可在低倍镜下, 按上述原则单独计数, 最后加入总数之中, 一般计数 3 条, 即第 2、5、8 条, 若藻体数量太少, 则应全片计数。把计数所得结果按下式换算成每升水中藻的数量。

$$N = \frac{A}{A_c} \times \frac{V_w}{V} \times n$$

式中: N ——每升水中浮游植物的数量(个/L); A ——计数框面积(mm^2); A_c ——计数面积

(mm^2); V_w ——1L 水样经沉淀浓缩后的样品体积(ml); V ——计数框体积(ml); n ——计数所得的藻的个体数或细胞数。

荧光法原理为: 探头发射波长为 590 nm 的橙色光线射到水样中, 水中的蓝绿藻吸收该光线的能量, 并释放出荧光, 荧光的波长范围在 650 nm。传感器直接测量蓝绿藻释放出来的橙色光线强度。可以将测量结果显示为电压(0~5V)或浓度(0~2000000 个/ml)。测定步骤主要为: 使用前用群落计数法测定结果校准仪器。测定时, 连接手操器和探测器, 将待测水样装至探测器的校准杯, 取样量约为校准杯的 2/3, 启动手操器, 仪器每 2s (可以设置为每隔 1s 到 24h) 读取 1 个数据, 待手操器显示数据相对稳定后, 记录数据, 单位为: 个/ml。

2 实验部分

2.1 材料

群落计数法: 显微镜、浮游生物计数框、浮游生物计数器。

荧光法: Hydrolab DS5X 水质多参数分析仪。

2.2 采样方式

采样点位: 滇池晖湾中。观音山中、滇池南、观音山岸边。

采样规范: 参照《水和废水监测分析方法》(第四版, 增补版)中浮游生物的采集与保存方法。

2.3 样品测定

用群落计数法结果对 Hydrolab DS5X 水质多参数分析仪进行校准, 再分别用 Hydrolab DS5X 水质多参数分析仪和群落计数法进行水样的测定。

2.4 结果统计分析方法

荧光法与群落计数法测定结果之间的差异性和

荧光法的稳定性、线性响应性分析分别采用《环境水质监测质量保证手册》(第二版)中t检验方法和回归分析。

2.5 结果分析

(1) 采用t检验对两种测定方法的结果进行统计分析,统计样本为24对,测定结果见表1。

表1 群落计数法与荧光法测定蓝藻生物量结果统计

采样点位	日期	荧光法 x_i	群落计数法 y_i	$d_i = x_i - y_i$	d_i^2
灰湾中	2010-5-24	13.8	18.8	-5.0	25.0
观音山中		13.5	14.6	-1.1	1.2
滇池南		7.8	13.3	-5.5	30.3
灰湾中	2010-6-21	9.0	7.1	1.9	3.6
观音山中		9.5	6.5	3.0	9.0
滇池南		11.9	9.3	2.6	6.8
灰湾中	2010-6-28	14.0	18.1	-4.1	16.8
观音山中		9.9	15.1	-5.2	27.0
滇池南		6.6	9.7	-3.1	9.6
灰湾中	2010-7-25	6.1	7.6	-1.5	2.3
观音山中		8.2	5.8	2.4	5.8
滇池南		4.7	7.6	-2.9	8.4
灰湾中	2010-8-17	5.5	16.5	-11.0	121.0
观音山中		3.23	8.6	-5.4	28.8
滇池南		3.2	12.0	-8.8	77.4
灰湾中	2010-8-23	35.5	55.2	-19.7	388.1
观音山中		14.9	19.9	-5.0	25.0
滇池南		9.7	8.4	1.3	1.7
灰湾中	2010-9-20	16.5	46.6	-30.1	906.0
观音山中		10.6	7.4	3.2	10.2
滇池南		18.6	20.8	-2.2	4.8
灰湾中	2010-10-19	6.8	5.4	1.4	2.0
观音山中		7.6	5.9	1.7	2.9
滇池南		6.2	18.4	-12.2	148.8
Σ		253.33	358.60	-105.27	1862.55

① $H_0: \mu = 0$ (双侧检验)

② 计算统计量:

$$\Sigma d_i = \Sigma (x_i - y_i) = -105.27$$

$$\Sigma d_i^2 = \Sigma (x_i - y_i)^2 = 1862.55$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \Sigma (x_i - y_i) = \frac{-105.27}{24} = -4.39$$

$$S_{d_i} = \sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - \frac{(\Sigma d_i)^2}{n}}{n-1}} = 7.804$$

$$S_{\bar{d}} = \frac{S_{d_i}}{\sqrt{n}} = 1.593$$

$$f = n - 1 = 24 - 1 = 23$$

③ 计算t值:

$$t = \frac{|\bar{d}| - 0}{S_{\bar{d}}} = 2.756$$

④ 给定 $\alpha = 0.05$, 查t表得 $t_{0.05(23)} = 2.021$

因为 $|t| = 2.756 > t_{0.05(23)} = 2.021$

经t检验分析,不拒绝原假设,即两种方法测定结果之间不存在显著差异,能相互替代。

(2) 对荧光法测定同一水样不同稀释倍数的结果进行稳定性和线性响应性回归分析,结果见表2。

表2 各稀释倍数下荧光法测定的蓝藻生物量统计

点位	日期	原样	稀释2倍	稀释4倍	稀释8倍	稀释16倍	回归方程	相关系数
观音山中	2010-7-25	5.8	2.3	1.6	0.63	0.31	$y = 8.1432x^{-1.0085}$	0.9991
观音山岸边	2010-10-27	8.3	4.1	1.9	1.0	0.51	$y = 5.5629x^{-1.032}$	0.9873

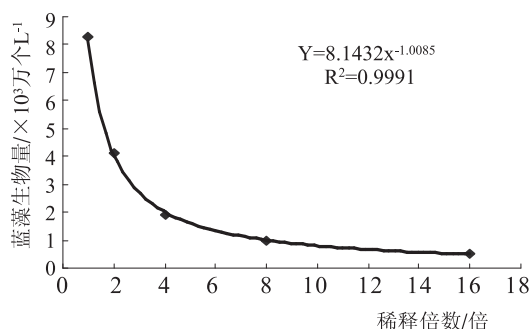


图1 观音山中稀释倍数与蓝藻生物量相关性回归图

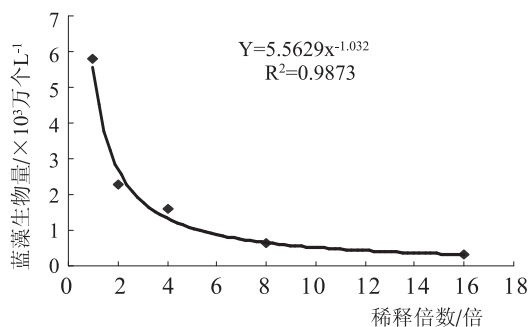


图2 观音山岸边稀释倍数与蓝藻生物量相关性回归图

从表2及图1、图2的相关系数可以看出,使用Hydrolab DS5X水质多参数分析仪测定水体中蓝藻生物量时,各个稀释倍数下的测定结果与稀释倍数之间呈显著幂相关,相关系数分别为0.9991与0.9873,说明荧光法在测定同一水样不同稀释倍数的蓝藻生物量时,具有良好的稳定性和线性响应性。

3 结论

目前蓝藻生物量测定的标准方法是《水和废水监测分析方法(第四版)》中的群落计数法。整个检测过程耗时长,数据处理繁琐,检测人员1d只能检测2~3个样品,效率低,取样量较小(0.1ml),代表性差。相对而言,荧光法则操作简便、直观、便于携带,能及时获取数据,但现场测量时数据波动比较大,根据笔者经验,如果只为定性了解蓝绿藻生物量,只需读取范围值;如果要定

量,应待仪器读数相对稳定后,分别读取高、中、低值计算其平均值。

用t检验法统计分析两种方法,结果不存在显著差异,能相互替代,从表1统计结果可以看出, d_1^2 值最高为906.0,两种方法测定结果相差2.8倍,可比性较差。分析其原因:蓝藻生物量没有标准样品,荧光法的测定仪器是用群落计数法测定的结果来校准,而群落计数法测定结果的准确性受取样量小、样品中蓝藻分布不均匀等因素影响,仪器在校准时会出现校准误差,导致在测定样品时与群落计数法出入较大,所以,在选择校准样品时,建议选取测量区域蓝藻浓度的50%作为校准点,以减少校准误差,使测定结果更准确。经对荧光法测定同一样品不同稀释倍数的结果回归分析,测定结果呈显著幂相关,验证了荧光法测定蓝藻生物量时具有良好的稳定性和线性响应性。

实验结果表明,两种方法可以相互替代,荧光法在测定蓝藻生物量时具有良好的稳定性和线性响应性。用荧光法测定蓝藻生物量是可行的。

4 结束语

对于监测水域广、监测点位多、监测频次要求高的水体,群落计数法单点有限频次的现状监测远不能满足蓝藻预警监测的要求。荧光法能实现多点位、高频次、连续的蓝藻生物量监测,能有效解决群落计数法耗时长、效率低、代表性差等问题。然而荧光法经济成本高,检测数据的准确性依赖传统的群落计数法。只有把两种方法有效结合起来,才能为蓝藻预警监测提供更为准确、高效的数据支持。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第四版,增补版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 中国环境监测总站. 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.

Feasibility of Determining the Biomass of Cyanobacteria by Fluorescence Method

YANG Xiao - dong

(Kunming Environmental Monitoring Station, Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: The experimental results both by fluorescence method and community counting methods to determine the biomass of cyanobacteria were compared. The differences between these two methods were tested by t - test method. The stability and linear response of fluorescence method were analyzed by regression analysis. The results indicated that the fluorescence method is feasible to determine the biomass of cyanobacteria.

Key words: community counting method; fluorescence method; biomass of cyanobacteria; feasibility

高锰酸盐指数—酸性法空白质量控制研究

赵忠琼¹, 杨小珊²

(1. 盘龙区环境保护监测站, 云南 昆明 650041; 2. 昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

摘要: 常规监测高锰酸盐指数—酸性法, 通过对高锰酸盐指数空白测试与检测限、空白质控图、空白加标回收率进行测试研究, 可以得到理想的监测结果。

关键词: 高锰酸盐指数—酸性法; 空白; 质量控制; 研究

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0092-03

空白试验值是指用蒸馏水代替样品进行测定, 检测范围包括实验用水、试剂中的杂质、环境及操作过程中的沾污等等诸多因素。所以空白试验值很重要, 它将直接影响到监测数据的准确性。

1 测试原理及方法

原理。 水样加入硫酸使呈酸性后, 加入一定量的高锰酸钾溶液, 并在沸水浴中加热反应一定时间。剩余的高锰酸钾, 用草酸钠溶液还原并加入过量, 再用高锰酸钾溶液回滴过量的草酸钠, 通过计算求出高锰酸盐指数值。

方法。 酸性法 GB/T11892 - 1989。酸性法范围适用于氯离子含量不超过 300mg/L 的水样。当水样的高锰酸盐指数值超过 10mg/L 时, 则酌情分取少量, 并用水稀释后再进行测定。本法的最低检出限为 0.5mg/L。

2 空白测定与检测限

2.1 空白测试

用新鲜蒸馏水做空白分析。每天测定 1 组共 2 个空白样, 测试 5d, 5d 后 10 个空白分析结果见表 1。

表 1 5 组空白测试结果 (mg/L)

第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天
0.48	0.45	0.41	0.45	0.49
0.49	0.41	0.41	0.45	0.45

2.2 空白测试结果统计学检验

根据空白测试目的和要求选用公式:

$$S_{wb} = \sqrt{\frac{\sum \sum X^2 - \frac{1}{n} (\sum X)^2}{m(n-1)}} = 0.018$$

$$L = 2\sqrt{2}t(f_w, 0.05) S_{wb=0.018}$$

式中: S_{wb} —空白平行测定 (批内) 标准偏差;

L —检出限。

在检出限的定义中“与零浓度”“有显著差别”是指大于零浓度一侧, 故用单侧 t 值, 查找相应的单侧概率 t 值表 $t(f_w, 0.05)$ 。

2.3 空白结果判断

通过 5d 试验后, 5 组 10 个空白样品测试结果, 平行测定 (批内) 标准偏差值为 0.018, 检出限为 0.1035。

如 L 等于或略小于标准分析方法所规定的检测限, 则仍采用规定值; 如 L 显著偏低并被多次测定证实其稳定性很好, 也可改用此实测值, 但必须在报告中加以说明; 如 L 大于标准分析方法的规定值, 则表明空白试验值不合格, 应找出原因并加以改正, 直至 $L \leq$ 规定值后, 实验才能继续进行。

3 空白试验质量控制图

表 2 20 个空白测试结果 (mg/L)

n	x	n	x
1	0.55	11	0.54
2	0.48	12	0.5
3	0.52	13	0.45
4	0.53	14	0.48
5	0.45	15	0.45
6	0.5	16	0.5
7	0.48	17	0.55
8	0.48	18	0.45
9	0.52	19	0.49
10	0.55	20	0.51

空白试验的质量控制水样除包括实验用水、试剂外, 还应该包括采样时所加入的保存试剂、环境因素等。用新鲜蒸馏水每天测试 2 个空白, 共测试 10d 20 个空白值。

当分析控制样品的数据累积到 20 个以上时,即可按下列公式计算其均值、总均值、范围值和平均范围值。以此绘制空白试验质控图。

$$\bar{x}_i = \frac{x_i + x'_i}{2}, \bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{n}, R_i = |x_i - x'_i|,$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n}, S = \sqrt{\frac{\sum \bar{x}_i^2 - \frac{1}{n} (\sum \bar{x}_i)^2}{n-1}}$$

计算: 总均值 $\bar{\bar{x}}_b = 0.499$

标准偏差 $S_b = 0.034$

上控制限 $\bar{\bar{x}}_b + 3S_b = 0.602$

上警告限 $\bar{\bar{x}}_b + 2S_b = 0.568$

上辅助线 $\bar{\bar{x}}_b + S_b = 0.533$

空白试验值控制图分析。图 1 中,空白测试值点位 100% 落在上警告线内,各点分布合理。空白试验值控制图中没有下控制限和下警告限,因为空白试验值愈小愈好。但在图中仍应该留有标示小于 $\bar{\bar{x}}_b$ (中心线) 的空白试验值的空间。当实测的空白试验值低于控制基线且逐渐稳步下降时,说明对此测试方法的水平有所提高,可酌情分次以较小的空白试验值取代较大的空白试验值,重新计算和

绘图。

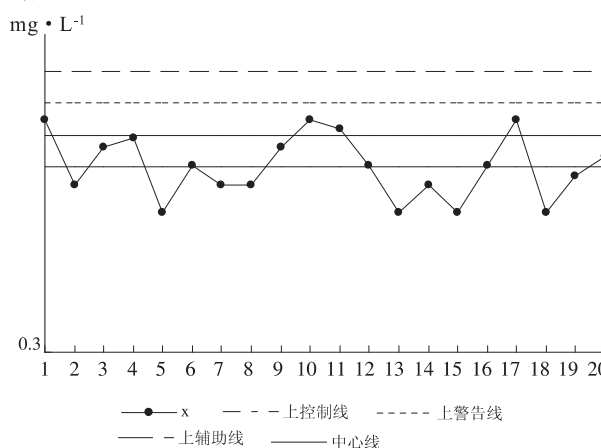


图1 空白试验控制图

4 空白测试加标回收率

高锰酸盐指数—酸性法的最低检出限为 0.5mg/L。采用检出限的 5~6 倍加入标准,自配标 COD_{Mn} 值为 2.0mg/L,刚好为检出限的 4 倍。每天平行测试 2 个空白值,2 个加入 4 倍标准的空白加标样,共测试 5d,其测试结果见表 3。

表 3 空白及空白加标测试值

(mg/L)

	第 1 天		第 2 天		第 3 天		第 4 天		第 5 天	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
空白测试值	0.23	0.27	0.23	0.23	0.27	0.23	0.27	0.27	0.23	0.22
空白加标值	2.3	2.5	2.2	2.0	2.7	2.6	2.2	2.3	2.2	2.1
加标回收率/%	102.5	112	98.5	88.5	122	117	97	102	98.5	93.5
平均回收率/%	107.2		93.5		119.5		99.5		96	

该监测分析方法目前对加标回收率还没有明确规定和范围。通过这次空白测试和空白加标测试结果计算,可以看到空白加标回收率为 93.5%~119.5%。

根据有关资料,监测分析方法中对加标回收率无规定范围值时,可规定其目标值为 95%~105%。当超出此范围时,根据标准误差、自由度、测定次数、给定的执行置信水平(95%)和加标量,按下列公式计算可接受上、下限。

$$P_{\text{下限}} = 0.95 - \frac{t_{0.05}(f) \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}}{D}$$

$$P_{\text{上限}} = 1.05 + \frac{t_{0.05}(f) \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}}{D}$$

式中: d —预期回收值(即加标量);

S —回收率标准差;

T — $\alpha=0.05$, $f=m-1$ 时的 t 分布表值(单测);

N —测定次数。

通过公式计算后:上限值为 1.15 (115%),下限值为 0.85 (85%)。

合格率分析。当合格率 < 95% 时,除对不合格者重新进行加标回收率测定,应再增加测定 10%~20% 样品的加标回收率,如此累进,值至总合格率 $\geq 95\%$ 为止。

5 总结

通过从上述三个控制方法,对高锰酸盐指数—酸性法的空白测试研究,发现加标回收率难度较大而不易掌握好。空白测试与检测限、空白质量控制图均达到理想效果。

Research on Blank Test Quality Control of Permanganate Index by Acid Method

ZHAO Zhong-qiong¹, YANG Xiao-shan²

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

Abstract: The conventional way to determine permanganate index is acid method. The limit of detection and the blank quality control diagram and the recovery rate of the blank test were studied. The ideal results were gained.

Key words: permanganate index by acid method; blank test; quality control; research



《环境科学导刊》杂志

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：ynehjkx@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：ynehjkx@yies.org.cn

COD 测定中氯离子干扰消除方法的探讨

叶晓新, 郭利群

(泰兴市环境监测站, 江苏 泰兴 225400)

摘要:通过对银盐抑制法、 Cl_2 校正法、标准曲线法、密封消解法、干扰扣除法、 HCl 去除法6种方法进行试验对比,分析COD测定中可靠、无毒、适用的消除氯离子干扰的方法,并分析了这些方法的特点和可行性。

关键词: COD 测定; 氯离子; 干扰; 方法

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0095-03

《水质 化学需氧量的测定》(GB11914-89 和 HJ/T399-2007)中对COD定义为:“在一定条件下,经重铬酸钾氧化处理时,水样中的溶解性物质和悬浮物所消耗的重铬酸盐相对应的氧的质量浓度。”根据以上定义,COD表示的是废水中有机物的含量。由于废水中有机物种类繁多,组成复杂,难以一一确定性和定量,所以用COD作为废水有机污染的综合指标有重要的环境意义。然而,废水中某些无机还原物能被强氧化剂氧化,其需氧量也被加到有机污染物的需氧量中,使得实测值与COD定义不符,特别是氯离子干扰,主要原因在于氯离子存在的普遍性、能被重铬酸盐氧化及消耗催化剂 AgSO_4 产生 AgCl 沉淀,从而吸附有机物并影响氧化率。

目前,标准方法仍要消除氯离子的影响。标准方法中消除氯离子影响采用的 HgSO_4 有毒性,在 COD_c 常规测定中要加入0.4g HgSO_4 ,因此,仅单样测定就要向环境排放0.27g Hg^{2+} 。我国每年以COD废液向环境排放的汞当以吨计,汞污染十分突出。实验证实, HgSO_4 对氯离子的控制只能达到93%左右,并不能完全消除氯离子的影响。因此,现在人们都致力于不采用或尽量少采用 HgSO_4 来作为消除氯离子干扰的方法。我们通过采用少量或不采用 HgSO_4 的几种不同方法来试验,对比不同氯离子浓度下标准样品和实样测量结果的准确性。

1 试验

1.1 方法原理

1.1.1 银盐抑制法

银盐沉淀法通常有两种操作方式:一种是对水样进行预处理,即在消解前向水样中加入适量的硝酸银,然后取沉淀氯离子之后的上清液进行测定。

另一种是采用硝酸银和硫酸铬钾作为氯离子的掩蔽剂,适量硫酸铬钾的加入是为了抑制消解过程中少量氯离子氧化反应的进行。同时,在测定时调整硫酸的用量,降低反应体系的酸度,可进一步抑制氯离子的氧化。

1.1.2 Cl_2 校正法

将氯离子的氧化产物 Cl_2 吸收,用碘量法测定 Cl_2 量,用消耗的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 摩尔数减去 Cl_2 的摩尔数,所计算出的COD扣除了氯离子的干扰。

1.1.3 标准曲线法

配制不同浓度氯离子的水样测其COD值,找出氯离子浓度与COD之间的线性关系,计算结果时加以修正。

1.1.4 密封消解法

方法掩蔽剂仍是 HgSO_4 ,消化过程在密闭容器中进行。氯离子和被氧化成的 Cl_2 达到气液相平衡而不再有干扰,其干扰程度可由校正曲线绘出。

1.1.5 干扰扣除法

直接测定氯离子浓度,通过经验测量,将其换算成COD加以扣除。

1.1.6 HCl 去除法

在水样消化前,先加浓硫酸形成 HCl ,再用惰性气体吹除或被悬放在反应管中的铈吸收剂吸收而预先除去 HCl 气体,从而消除氯离子。

1.2 实验结果

采用两种COD为220mg/L的邻苯二甲酸氢钾标准溶液(氯离子浓度分别为800mg/L和3000mg/L左右)、两家企业送集中式工业污水处理厂COD为246mg/L和305mg/L(高氯离子浓度样品采用GB11914-89稀释后测量值)的废水(氯离子浓度分别为800mg/L和3000mg/L左右)

共4种样品, 分别采用1.1中6种方法进行测量, 测量结果如表1。

表1 测量结果比较

(mg/L)

样品标准值		220 (Cl ⁻ 浓度 800mg/L)	220 (Cl ⁻ 浓度 3000mg/L)	246 (Cl ⁻ 浓度 800mg/L)	305 (Cl ⁻ 浓度 3000mg/L)
银盐抑制法	测量值	217	215	231	284
	相对偏差/%	-1.4	-2.3	-6.1	-6.9
Cl ₂ 校正法	测量值	216	214	235	298
	相对偏差/%	-1.8	-2.7	-4.5	-2.3
标准曲线法	测量值	225	207	270	332
	相对偏差/%	2.3	-5.9	9.8	8.9
密封消解法	测量值	212	202	230	286
	相对偏差/%	-3.6	-8.2	-6.5	-6.2
干扰扣除法	测量值	204	200	198	264
	相对偏差/%	-7.3	-9.1	-19.5	-13.4
HCl 去除法	测量值	208	205	204	264
	相对偏差/%	-5.5	-6.8	-17.1	-13.4

2 讨论

表1测量结果表明: 氯离子浓度800mg/L时, 采用1.1中6种方法测量COD为220mg/L的邻苯二甲酸氢钾标准溶液, 相对偏差为-5.5%~+7.3%; 氯离子浓度2000mg/L时, 采用1.1中6种方法测量COD为220mg/L的邻苯二甲酸氢钾标准溶液, 相对偏差为-9.1%~+5.5%。1.1中6种COD测量方法对于测量成分相对单一的标准溶液, 测量结果相对偏差为-8.2%~+7.3%, 基本可以

适应测量要求。当测量实际样品时, Cl₂校正法测量标准偏差为-4.5%~-2.3%, 测量结果较准确; 银盐抑制法和密封消解法标准偏差也为-6.9%~-6.1%, 其测量方法也有一定可行性; 标准曲线法测量标准偏差为+8.9%~+9.8%, 其测量方法亦可行; 其他方法标准偏差均不在±10%范围内, 方法使用上有一定局限性。这6种分析方法测试上的特点总结于表2。

表2 测量方法特点比较

方法名称	测量方法特点
银盐抑制法	<p>优点: 消解前向水样中加入适量的硝酸银, 沉淀氯离子之后的上清液进行测定, 对于氯离子浓度超过10000mg/L的水样尤为适用。</p> <p>缺点: 氯化银沉淀物可能吸附样品中颗粒状有机物, 造成测量结果偏低; Ag⁺沉淀除去之后, 水样中的硝酸根并没有跟着消除, 这就相当于加入了硝酸, 硝酸与硫酸混合之后成为一种强氧化剂, 可以氧化一些还原性的物质, 这样, 用硝酸银来代替硫酸汞测得的COD值也会有些偏低; 银盐沉淀法使用贵重的银盐, 提高了测量成本。</p>
Cl ₂ 校正法	<p>优点: 制定有行业标准——《化学需氧量的测定 氯气校正法》(HJ/T70-2001), 测量准确度较高。</p> <p>缺点: 吸收校正法要求在操作上要非常仔细, 否则就会带来很大的误差; 校正法多了一次Cl₂的测定, 相对来说操作过程比较烦琐, 所消耗的时间也较长。</p>
标准曲线法	<p>优点: 无需加入硫酸汞, 是对汞盐法的改进。</p> <p>缺点: 由于各操作者所使用的条件(如酸度, 重铬酸钾浓度和回流时间等)不同, 使得氯的氧化程度不一样。因此这些“标准曲线”不易为他人所借用, 并且每次测定之前都要先绘制, 显得比较烦琐。</p>
密封消解法	<p>优点: 耗时短, 且结果具有更高的准确度和精密度。</p> <p>缺点: 该方法的消解方式与国标法不同, 用于各种实际水样分析时, 污染物的消解程度难以划定; 样品消解时, 容器处于高温、高压状态, 选择该方法时一定要确保实验操作的安全。</p>
干扰扣除法	<p>优点: 该法操作和标准方法差别不大, 操作简便。</p> <p>缺点: COD测定结果偏低, 实际测定中尚未应用。</p>
HCl 去除法	<p>优点: 适用于氯离子浓度较高的废水前处理。</p> <p>缺点: 方法存在去除HCl同时, 挥发性有机物也有被去除的问题, 导致测量结果偏低。</p>

3 结论

1.1 中 6 种消除氯离子的测量方法中, Cl_2 校正法测量结果较为准确; 银盐抑制法、密封消解法、标准曲线法对于废水中污染物种类变化不大、测量精度要求不很高的样品测量时, 通过平时积累

经验、定期对结果进行检查修正等改进测量精度的方法, 也可以得到满意的测量结果。

本次讨论的氯离子干扰消除方法, 尚存在这样那样的问题, 因此, 寻找可靠、无毒、适用的消除氯离子干扰的方法仍值得长期关注。

Study on Method of Eliminating Chlorine Ion in Determination of COD

YE Xiao - xin, GUO Li - qun

(Taixing Environmental Monitoring Station, Taixing Jiangsu 225400 China)

Abstract: There are six methods used to determine COD including controlling silver method and chlorine emendation method and standard curve method and sealed digestion method and interference elimination method and hydrochloride elimination method. All the methods were compared to find one reliable non - toxic applicable method to determine COD.

Key words: COD determination; chlorine ion; disruption; method

EXCEL 数据库的应用

白爱民

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 利用 EXCEL 的引用功能, 可方便快捷地完成大量重复计算的公式输入。在输入列表管理函数时, 正确选择 EXCEL 的引用功能就能方便迅速地复杂条件下的数据分析汇总表。以环境监测数据分析和数据检索为例, 展示了 EXCEL 数据库和列表管理函数的强大功能及其使用方法与步骤。

关键词: EXCEL; 引用功能; 应用

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2011) 05-0098-02

Microsoft Excel 是最优秀的电子表格软件之一, 它在数据综合管理和分析方面具有功能强大、技术先进、使用方便等特点^[1]。数据库是 Excel 的三大功能(表格、图表、数据库)之一, 利用它可方便地对汇总数据进行分析, 并快速从大量的数据表中检索出所需的数据。

在环境监测数据统计工作中, 常常需要进行多条件环境下的数据分析与检索, 例如求解某一时间范围、某一空间地域、甚至某一元素的监测值范围内, 另一元素的监测平均值等。使用 Excel 的数据库和列表管理函数不仅可以求解出同时满足多个条件的平均值、数据个数、最大值、最小值, 还可以对数据库中满足条件的记录的字段列中的数字求和, 将数据库中满足条件的记录的特定字段中的数值相乘, 以及计算标准偏差和估算方差等, 即可以轻松解决此类通常难以处理的数据分析问题。

1 数据库和列表管理函数

简单来说, 数据库就是保存和管理数据的“仓库”, 严格一点说, 数据库是“按照数据结构来组织、存储和管理数据的仓库”。虽然 Excel 仅具有部分数据库的功能, 但由于 EXCEL 的广泛使用和简单快捷, 使其获得很好的应用。

列表管理函数是 Microsoft Excel 中包含的一些工作表函数, 用于对存储在列表或数据库中的数据进行分析, 这些函数统称为 Dfunctions, 在 Excel 包含的数据库函数及其应用详见表 1。

每个 EXCEL 数据库函数均有 3 个参数: database、field 和 criteria。这些参数指向函数所使用的工作表区域。数据库函数的使用语法的一个例子为: DAVERAGE (database, field, criteria)。

表 1 Excel 包含的数据库函数及其应用

DAVERAGE	返回选定数据库项的平均值
DCOUNT	计算数据库中包含数字的单元格个数
DCOUNTA	计算数据库中空单元格的个数
DGET	从数据库中检索满足指定条件的单个记录
DMAX	返回选定数据库项中的最大值
DMIN	返回选定数据库项中的最小值
DPRODUCT	将数据库中满足条件的记录的特定字段中的数值相乘
DSTDEV	基于选定数据库项中的单个样本估算标准偏差
DSTDEVP	基于选定数据库项中的样本总体计算标准偏差
DSUM	对数据库中满足条件的记录的字段列中的数字求和
DVAR	基于选定的数据库项的单个样本估算方差
DVARP	基于选定的数据库项的样本总体估算方差
GETPIVOTDATA	返回存储于数据透视表中的数据

database: 构成列表或数据库的单元格区域, 又称为数据清单。数据清单是包含一组相关数据的 EXCEL 列表, EXCEL 列表首行的单元格为列标记(相当于数据库字段), 或者说列表的第一行包含每一列的标签, 列标记下面的单元格为数据区域(相当于字段中的数据)。

field: 指定函数所使用的列。输入列标签, 并将其包括在双引号中, 例如“SO₂”(二氧化硫)或“NO₂”(二氧化氮); 此外, 也可以输入代表列表中列位置的数字(不加引号): 1 表示第一列, 2 表示第二列, 依此类推。

criteria: 为包含指定条件的单元格区域。可以为参数 criteria 指定任意区域, 只要它至少包含一个列标签并且在列标签下方至少有一个用于指定条件的单元格。

列表管理函数中最值得一提的就是参数 criteria, 它使用最简单且最直观的方式来实现多条件计算或查询。

2 环境监测数据的处理

表 2 是 2010 年全年云南省空气日报基础数据

汇总表的一部分，监测值的单位是 mg/m^3 。因特殊规定，表中没有采用 EXCEL 的日期格式。

表 2 2010 年云南省空气日报基础数据汇总表 (部分)

	A	B	C	D	E	F	G	H
4	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
5	保山	2010	12	1	市委	0.015	0.022	0.049
6	保山	2010	12	1	市环境监测站	0.018	0.040	0.068
7	楚雄	2010	12	1	开发区	0.051	0.019	0.038
8	楚雄	2010	12	1	州监测站	0.054	0.024	0.040
9	大理	2010	12	1	市监测站	0.034	0.016	0.034
10	景洪	2010	12	1	市环保局	0.018	0.015	0.076
11	景洪	2010	12	1	市委党校	0.019	0.021	0.080
12	昆明	2010	12	1	龙泉镇	0.017	0.027	0.045
13	昆明	2010	12	1	关上	0.021	0.058	0.054
14	昆明	2010	12	1	西山森林公园	0.024	0.036	0.018

实际工作中经常从中检索数据或者进行数据分析的情况如下:

- (1) 2010 年 12 月份全省 SO₂ 测值 > 0.1 mg/m^3 的情况出现的频次;
- (2) 昭通市 SO₂ 测值在 0.05 mg/m^3 和 0.1 mg/m^3 的情况出现了多少次;
- (3) 找出昆明 2010 年 12 月份和曲靖 2010 年 11 月份中 SO₂ 的最大测值;
- (4) 昆明关上测点 2010 年 12 月份的 SO₂ 平均值是多少;

表 3 条件 (criteria) 工作表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	C1	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	
2			2010	12			>0.1			
3										
4	C2	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂
5		昭通					>=0.05			<=0.1
6										
7	C3	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	
8		昆明	2010	12						
9		曲靖	2010	11						
10										
11	C4	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	
12		昆明	2010	12		关上				
13										
14	C5	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	
15		昆明	2010	12						
16										
17	C6	测站名称	年	月	日	测点名称	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	
18			2010				>0.05			

表 4 计算结果 (result) 工作表

	A	B	C
1	给定条件	计算结果	公式
2	1	65	=DCOUNT(database,"so2",criteria!\$A\$1:\$H\$2)
3	2	15	=DCOUNT(database,"so2",criteria!\$A\$4:\$I\$5)
4	3	0.220	=DMAX(database,"so2",criteria!\$A\$7:\$H\$9)
5	4	0.028	=DAVERAGE(database,"so2",criteria!\$A\$11:\$H\$12)
6	5	183	=DCOUNT(database,,criteria!\$A\$14:\$H\$15)
7	6	0.055	=DAVERAGE(database,"no2",criteria!\$A\$17:\$H\$18)

(5) 昆明市 2010 年 12 月份共上报了多少次数据;

(6) 2010 年全省 SO₂ 测值 > 0.5 mg/m^3 的 NO₂ 的平均值。具体求解步骤如下:

①创建空白工作簿，将基础数据导入到 Excel 的“Sheet1”中，并将“Sheet1”改名为“data”，选中全部数据区的数据，重新命名所选择区域为“Database”。将数据专门存放于一张独立的工作表中并对数据区域重命名是一个好习惯，可以简化公式并使公式易于理解，即便数据更新后（发生变化），所建立的条件和公式仍可用。

②将上述各个要计算的条件分别输入到同一工作簿的另一张工作表中，并重命名为“criteria”，上述 6 个求解的条件分别输入到该表的第 1 行到第 18 行中，在 A 列中分别用 C1、C2 至 C6 表示。

③用同一工作簿的一张新工作表来存放结果，并重命名该表名为“result”，上述 6 个求解的公式和结果如表 4。

条件 (criteria) 表和计算结果也可以放在一张表中，但基础数据最好存放在一张独立的工作表中。在本例中，基础数据表 (data)、条件表 (criteria) 和结果表 (result) 在同一工作簿的独立的工作表中，具体如表 5。

表 5 各工作表表名

24			
< > \data\criteria\result/			
就绪			

在不同的工作表中分别存放数据、条件及最终结果是一个很好的习惯，可方便数据的更新、条件的输入和结果的查询等。

掌握了上述计算多条件环境下平均值、最大值和频次的方法后，求解多条件环境下的最小值、求和、求积、估算标准偏差、真实标准偏差、估算方

差、真实方差等就很容易了。

3 如何建立 Criteria 表

通常,对大量的汇总数据进行分析时,其数值计算和数据检索是在特定的多条件环境下进行的。如何建立多条件环境就是问题的关键,本文通过上面的实例,阐述了在 EXCEL 表中建立多条件环境的几种情况。

(1) 单列上具有多个条件

如果对于某一列具有两个或多个筛选条件,那么可直接在各行中从上到下依次键入各个条件。例如,上面示例的条件区域 C3 中显示的测站包括昆明和曲靖。

(2) 一列有两组以上条件

若要找到满足两组以上条件的行,要用相同的列标包括多列。例如,上面示例的条件区域 C1 中显示“SO₂”列中包含“>=0.05”或“<=0.1”的行。

(3) 多列上具有单个条件

若要在两列或多列中查找满足单个条件的数据,要在条件区域的同一行中输入所有条件。例如,上面示例的条件区域 C4 中显示“测站名称”为“昆明”、“测点名称”为“关上”、年份为2010,月份为12月的数据行。

(4) 某一列上具有单个条件

若要找到满足一列单个条件的数据,请在条件区域输入条件。例如,上面示例的条件区域 C6 中

显示所有在“SO₂”列中“>=0.05”的数据行。

从上面介绍可看出,在汇总计算和数据检索时,无论条件多么复杂,建立相应的 Criteria 表总是很容易的,并可借此通过列表管理函数获得所需要的结果。

4 结语

环境监测数据通常都以 EXCEL 数据表的形式存储,即便存储在其它的数据库软件系统中,也能很方便地通过引入外部数据、数据转换等方式形成 EXCEL 数据表。在数据分析和数据查询时,又常常需要进行多条件组合筛选,此时,Excel 数据库和列表管理函数就显示出其强大的优越性。

充分利用数据库和列表管理函数的多条件分析功能,可方便地获得复杂条件下的数据检索与分析,而利用 EXCEL 的引用功能,可方便快捷地完成大量重复计算的公式输入^[2]。将二者结合起来,即在列表管理函数选择适当的 Excel 引用模式,就可从最基本的数据汇总表中方便迅速地制作出所需的数据分析表。如通过上例中的空气基础数据汇总表,可方便地获得某月份各州市空气监测中各元素超标汇总表、各州市数据上报情况分析表等。

参考文献:

- [1] Excel 研究组. Excel2007 函数与公式速查手册 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [2] 白爱民. EXCEL 与底泥数据的分析 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29 (5).

Application of EXCEL Database

BAI Ai - min

(Yunnan Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: The include function of EXCEL software can finish numerous repeated calculations simply and fast. The database can be applied to analyze and sum up lots of data under complicated conditions. The function of data analysis and retrieval applied to analyze environmental monitoring data can be an example to show how to use the powerful features of EXCEL database and listing function.

Key words: EXCEL; include function; apply