

AA-HPA-AMPS 阻垢剂最佳合成条件研究

周 江

(抚顺县环境保护局, 辽宁 抚顺 113006)

摘 要: 通过溶液聚合方法, 以丙烯酸、丙烯酸羟丙酯、2-丙烯酰胺-2-甲基丙磺酸为单体, 以过硫酸铵为引发剂, 合成 AA-HPA-AMPS 聚合物。固定聚合物浓度为 4mg/L, 分别考查反应时间、反应温度 (X_1)、引发剂用量 (X_2)、单体配比 (X_3) 对聚合物阻 CaCO_3 垢性能的影响, 并设计了正交实验, 得出聚合物在 90℃、引发剂用量为 13.5%、M(AA):M(HPA) 为 7:3 时, 阻 CaCO_3 垢率最高为 80.9%。为探究此聚合物是否有更高的阻垢性能, 应用多元回归分析对正交实验结果进行分析及验证, 聚合物阻 CaCO_3 垢效率 y 与各影响因素 x 之间基本满足 $y = -146.825 + 16.25x_2$, 最佳聚合条件为 $X_2 = 14.5$, y 为 90.20%。

关键词: AA-HPA-AMPS; 阻垢效果; 回归方程; 反应温度; 引发剂; 单体配比

中图分类号: X132 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0001-04

随着世界经济的快速发展, 水资源短缺日趋严重, 尤其在工业用水系统中, 这一问题尤为凸显。提高中水回用率, 就成为解决这一问题的有效途径。然而, 污垢的形成已成为限制中水回用率的主要因素之一, 仅次于材料和设备腐蚀^[1]。于是, 阻垢剂的问世就成为一种迫切需要。阻垢剂可分为天然聚合物阻垢剂、合成聚合物阻垢剂及绿色阻垢剂三种^[2]。目前, 应用最广泛的是合成聚合物阻垢剂, 合成聚合物又分为磺酸类聚合物阻垢剂、羧酸类聚合物阻垢剂和含磷水溶性聚合物阻垢剂^[3]。AA-HPA-AMPS 就是聚合物阻垢剂中的一种, 为探求其是否具有更高的阻垢效率, 本文采用正交试验法及应用多元回归分析对其最佳合成条件及阻垢性能展开研究。

1 实验

1.1 试剂与仪器

试剂: 工业级: 丙烯酸 (AA)、丙烯酸羟丙酯 (HPA)、2-丙烯酸-2-甲基丙磺酸 (AMPS): 江阴市东风化工总厂有限公司。

分析剂: 碳酸氢钠 (NaHCO_3): 上海凌峰化学试剂有限公司; 无水氯化钙 (CaCl_2): 上海美兴化工有限公司; 氢氧化钠 (KOH): 天津市大茂化学试剂有限公司; EDTA 标准溶液: 上海威方精细化工有限公司; 盐酸 (HCl): 南京化学试剂有限

公司; 过硫酸铵 ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$): 上海化学试剂有限公司。

仪器: 可调速电动搅拌器: 上海良平仪器仪表有限公司; 自动控温水浴锅: 上海市恒三仪器有限公司。

1.2 AA-HPA-AMPS 的合成

在配有搅拌器、滴液漏斗、回流冷凝管和温度计的 250ml 的四口烧瓶内加入一定量的次磷酸钠和蒸馏水, 放入恒温水浴锅进行加热, 同时将引发剂过硫酸铵水溶液和 AA、HPA、AMPS 单体水溶液分别放入两个恒压滴液漏斗中, 待达到一定温度时, 同时滴加引发剂^[4]和两个滴液漏斗中的单体, 并开动搅拌, 保温反应一定时间, 得到无色透明液体暨 AA-HPA-AMPS 的聚合物。

1.3 实验方法

在 500ml 容量瓶中, 加入一定量的碳酸氢盐储备液、钙盐储备液和阻垢剂储备液, 用去离子水滴加至容量瓶刻度线, 震荡摇匀, 配置成阻垢水样。水样中: 钙离子和碳酸氢根离子浓度均为 200mg/L (均以 CaCO_3 计)、将空白及阻垢水样同时置于 80℃ 恒温 10h 后 AA-HPA-AMPS 的浓度为 4mg/L。设置空白对照自然冷却, 吸取上层清液, 加入 KOH 将 pH 调节在 12 以上, 加 EDTA 标准溶液滴定, 分析测定钙离子浓度^[5], 依据下式计算阻垢率: $\eta = v_1 - v_0 / v_2 - v_0 \times 100\%$ 。式中: v_0 、 v_1 、 v_2 分别为空白水样消耗 EDTA 的体积、阻垢水样消耗 EDTA 的体积、空白水样理论上应消耗 EDTA 体积。

收稿日期: 2012-08-27

基金项目: 国家重大水专项课题 (2008ZX07208-007-1)。

作者简介: 周江 (1983-) 女, 工程师, 硕士研究生, 主要从事水处理及生态环境保护工作。

1.4 单因素实验

为找出聚合物的最佳合成条件, 设置单因素实验, 固定聚合物阻垢剂浓度为 4mg/L, 依次考察反应时间、反应温度、引发剂用量 (占单体质量百分比) 和单体配比因素对 AA-HPA-AMPS 聚合物阻 CaCO₃ 垢性能的影响。

1.4.1 反应时间

固定反应温度 85℃, 引发剂用量 10%, M (AA) : M (HPA) : M (AMPS) = 4:1:1, 考察不同反应时间下, 聚合物对 CaCO₃ 的阻垢效果, 结果如图 1。由图 1 可看出, 聚合物阻垢效率起初随反应时间的增加而增加, 在 3h 时达到峰值, 而后出现下降趋势。这是因为此反应是自由基共聚合反应, 暨单体分子在一定的浓度下, 经链增长和链终止转变成大分子。时间过短, 反应不能停留在中间聚合物阶段, 导致合成率低, 而反应时间过长, 由于单体浓度已经很小, 转化率也趋近于某一个定值, 基本上不会再提高阻垢效果^[6]。故反应时间为 3h 时, 该聚合反应进行得最充分。

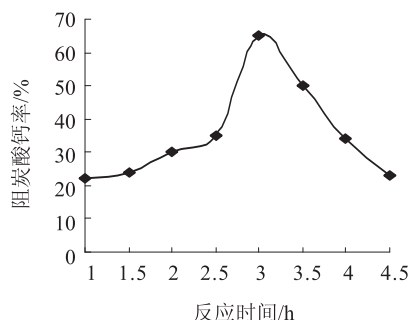


图1 阻CaCO₃垢率随反应时间的变化关系

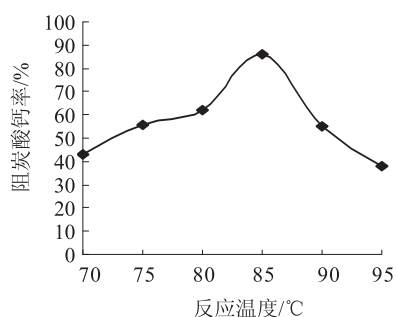


图2 阻CaCO₃垢率随反应温度的变化关系

1.4.2 反应温度

固定反应时间 3h, 引发剂用量 10%, M (AA) : M (HPA) : M (AMPS) = 4:1:1, 考察不同反应温度下, 聚合物对 CaCO₃ 的阻垢效果, 结果如图 2。由图 2 可看出, 阻垢效率随温度升高呈现出先升高而后下降的趋势, 在 85℃ 时最佳。这是由于温度过低, 聚合反应速度较慢, 温度升高加快了聚合反应的速度, 温度过高, 聚合物的分子量分布加宽, 对

阻垢效果不利^[7]。故反应最佳温度为 85℃。

1.4.3 引发剂用量

固定反应时间 3h, 反应温度 85℃, M (AA) : M (HPA) : M (AMPS) = 4:1:1, 考察不同引发剂用量下, 聚合物对 CaCO₃ 的阻垢效果, 结果如图 3。由图 3 可看出, 随着引发剂用量的增加, 聚合物阻垢率先增加而后下降。这是因为在聚合反应中, 引发剂用量过少, 导致游离单体含量过多, 聚合物转化率减小; 引发剂用量过多, 聚合物特性粘度减小, 聚合物相对分子量减小, 阻垢效果降低^[8], 故引发剂用量为 12.5% 最佳。

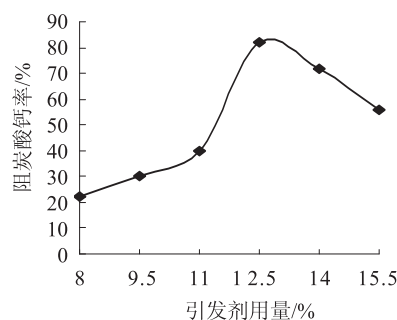


图3 阻CaCO₃垢率随引发剂用量的变化关系

1.4.4 单体配比

在反应时间为 3h, 反应温度为 85℃, 引发剂用量 12.5% 条件下, 固定单体配比因素 M (HPA) : M (AMPS) = 1, 考察不同 M (AA) : M (HPA) 下, 聚合物对 CaCO₃ 的阻垢效果, 结果如图 4。

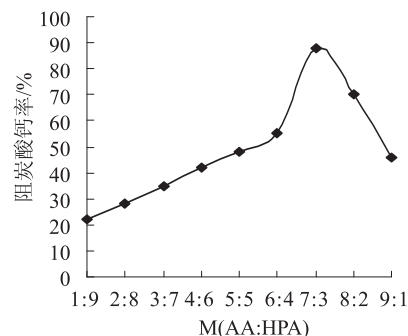


图4 阻CaCO₃垢率随AA:HPA的变化关系

由图 4 可看出, 随 M (AA) : M (HPA) 的增加, 阻垢率均呈现出先增加而后下降的趋势。这是由于利用溶液聚合法时, 自由基共聚合时, 若单体 HPA 过多, 会因为 HPA 自聚导致 HPA 单体转化率不高, 而单体 HPA 过少, 会使反应无法充分进行^[9]。同理, 只有在单体配比在一定范围时, 该聚合反应才能达到最佳。

1.5 正交实验

根据单因素实验结果, 固定聚合物阻垢剂浓度为 4mg/L, 固定反应时间为 3h, 设置如表 1 所示

的正交实验,以找出聚合物的最佳聚合条件,最大限度地实现其阻垢性能,实验结果见表2。

表1 正交实验设计

因素		水平		
		1	2	3
A	反应温度/°C	80	85	90
B	引发剂用量/%	11.5	12.5	13.5
C	M (AA) : M (HPA)	6:4	7:3	8:2

表2 正交实验结果

反应温度 /°C	引发剂用量 /%	M (AA) : M (HPA)	阻垢率 /%
A ₁	B ₁	C ₁	44.3
A ₁	B ₂	C ₂	57.8
A ₁	B ₃	C ₃	79.6
A ₂	B ₁	C ₂	50.4
A ₂	B ₂	C ₃	45.7
A ₂	B ₃	C ₁	60.6
A ₃	B ₁	C ₃	28.9
A ₃	B ₂	C ₁	58.5
A ₃	B ₃	C ₂	80.9

通过正交实验,得出在聚合物阻垢剂浓度为4mg/L情况下,聚合物在90°C、引发剂用量为13.5%、M (AA) : M (HPA) 为8:2时,阻CaCO₃垢率最高为80.9%。

2 AA-HPA-AMPS 最佳合成条件的选择

因为传统的正交实验所涉范围十分有限,因此无法确定得出的结论即为聚合物的最佳合成条件。为探究是否具有更好的合成条件,引入多元回归分析理论进行分析^[10]。

2.1 多元回归分析理论基础

回归分析是分析变量间相关关系,建立变量之间相关关系的具体数学表达形式的一种统计方法。依据相关关系具体形态,选择一个适当的数学模型近似地表达变量间平均变化关系,借此来探讨对变量的控制和预测问题^[11]。

经典多元线性回归分析是研究变量之间的相关关系的一种基本方法。其中,最优回归方程的选择通常采用的是逐步回归法,暨根据问题所属的专业领域的理论及经验提出可能对因变量有影响的所有自变量;然后计算每一个自变量对因变量的相关系数,并按计算出的绝对值由大至小进行排序;按序逐步建立回归模型,对每一个自变量进行显著性检验;如果检验结果显示回归模型的回归效果不显著,则剔除影响最小的自变量并更新回归方程^[12],如此反复,直至无法剔除已引入的自变量也无法引入新自变量。但需要说明的是:如果变量之间存在严重

多重相关性,会对回归建模带来很大的危害。所以在应用此法前,需要检验变量之间是否存在多重相关性^[13],如果存在,可以应用偏最小二乘分析法建立回归模型,以避免由此造成的回归模型失真。

2.2 多元回归分析的计算机实现

预先编写并保存表2中的数据文件记为caco,并将表2的前四列数据记为x,第五列数据记为y。

xishu = corrccoef (caco) ——计算变量之间的相关系数并整理,如表3。可见,自变量之间相关系数均为0暨变量之间不存在多重相关性,所以可以应用逐步回归分析法探究因变量y与自变量x之间的相关关系。

表3 变量之间的相关系数

r	x1	x2	x3	y
x1	1.0000	0	0	-0.1162
x2	0	1.0000	0	0.8456
x3	0	0	1.0000	-0.1399
y	-0.1162	0.8456	-0.1399	1.0000

[b, se, pval, inmodel, stats, nextstep, history] = stepwisefit (x, y, 'display', 'off') ——应用逐步回归建模的集成命令计算最优回归方程。

inmodel, b0 = stats. intercept, b ——自变量筛选和模型参数的估计信息 (inmodel 中0表示对应的自变量不在回归方程中,1表示在最优回归方程中; b0是回归方程的常数项; b中各值是最优回归方程中对应的各个自变量的系数)。

ALLP = stats. pval ——回归方程的显著性检验 (结果远远小于0.05,回归方程效果很好)。

p = stats. PVAL ——每个自变量的显著性概率

inmodel = 0 1 0

b0 = -146.8250 b = -0.4467, 16.2500, -2.1053

ALLP = 0.0041 p = 0.6044, 0.0041, 0.5307

根据上述步骤,得出y与x之间的最优回归方程 $y = -146.825 + 16.25x_2$

2.3 最优回归方程的实验验证

结合实验条件等客观情况,固定聚合物阻垢剂浓度为4mg/L,反应时间为3h,按1.3中所述实验方法,进行实验设计,结果见表4。

表4 实验验证设计及结果

反应温度 /°C	引发剂用量 /%	M (AA) : M (HPA)	阻垢率 /%
85	14.5	7:3	88.10
90	14.5	7:3	90.20
85	14	8:2	80.80
85	14	7:3	82.15

由表4可知,当聚合物阻垢剂浓度固定在4mg/L时,影响AA-HPA-AMPS聚合物阻CaCO₃垢效果的因素主要是引发剂用量。聚合物在90℃、引发剂用量为14.5%、M(AA):M(HPA)为7:3时,阻CaCO₃垢效果最好,阻垢率为90.20%。

3 结论

(1)在一定条件下,用溶液聚合方法,合成AA-HPA-AMPS聚合物,固定聚合物浓度4mg/L,通过单因素和正交实验,得到聚合物在90℃、引发剂用量为13.5%、M(AA):M(HPA)为7:3时,阻CaCO₃垢率最高为80.9%。

(2)应用多元回归分析,找出聚合物阻垢剂阻CaCO₃垢能力与反应温度(X_1)、引发剂用量(X_2)和单体配比因素(X_3)之间的相似相关关系为 $y = 146.825 + 16.25x_2$ 。

(3)对最优回归方程进行实验验证,得出聚合物最佳阻CaCO₃垢率为90.20%,高于传统正交实验结论9.3%。

参考文献:

[1] 陆柱,蔡兰坤,陈中兴,等. 水处理药剂[M]. 北京:化学工业出版社,2001:284-300.
[2] 郑林萍,彭李超,柴云. 聚合物型水处理阻垢剂的研究进展

[J]. 河南化工,2007,(9):56-59.
[3] 林宁宁. SSS-AMPS-AA共聚物阻垢剂的合成[J]. 山东化工,2009,(38):10-12.
[4] 王鉴,宁媛媛. MA/AA/AMPS三元共聚物阻垢剂分散剂的合成与性能评价[J]. 天然气化,2009,34(5):21-23.
[5] 王香爱. 我国阻垢剂的研究进展[J]. 应用化工,2009,38(1):132-134.
[6] 何铁林. 水处理化学品手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000:148-178.
[7] David A N, Sawada K J. Inhibition of adhesion and precipitation of CaCO₃ by aminopoly phosphonate [J]. Journal of Crystal Growth, 2003, 256 (3): 188-200.
[8] 张治宏,王彩花,王晓昌. 阻垢剂的合成与性能研究[J]. 西安工业学院学报,2005,(5):154-157.
[9] 虞志光. 高聚物分子量及其分布的测定[M]. 上海:上海科学技术出版社,1984:78-102.
[10] L. J. Hubert; P. Arabie; J. J. Meulman. Linear Unidimensional Scaling in the L₂-Norm: Basic Optimization Methods Using MATLAB [J]. Journal of Classification. 2002, 102 (3): 217-220.
[11] 包研科,李娜. 数理统计与MATLAB数据处理[M]. 沈阳:东北大学出版社,2008:161-195.
[12] 王岩,隋思涟,王爱青. 数理统计与MATLAB工程数据分析[M]. 北京:清华大学出版社,2007:27-38.
[13] 陈桂明. MATLAB数理统计[M]. 北京:科学出版社,2002:141-157.

Research on Optimum Conditions of the Synthesis of the AA-HPA-AMPS Scale Inhibitor

ZHOU Jiang

(Environmental Protection Bureau of Fushun County of Liaoning Province, Fushun Liaoning 113006 China)

Abstract: By using the method of solution polymerization, with the ammonium persulfate as initiator, the AA-HPA-AMPS polymer is synthesized with acrylic acid, hydroxypropyl acrylate and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid. The polymer concentration is maintained at 4mg/L, the reaction time, the reaction temperature (X_1), the initiator dosage (X_2) and the monomer ratio (X_3) are examined to find out their effects on the polymer to prevent the formation of the calcium carbonate (CaCO₃). The orthogonal experiment shows that the highest rate of resisting CaCO₃ is 80.9% when the polymer temperature is at 90℃, the initiator dosage is 13.5%, and the M(AA):M(HPA) is at the ratio of 7:3. A better performance is obtained by using the multiple regression analysis to verify the results of orthogonal experiment. That is, the best polymerization condition is $x_2 = 14.5$ and y is 90.20%, when the relationship of the efficiency of resisting CaCO₃ (y) and the various influencing factors (x) basically meets $y = -146.825 + 16.25x_2$.

Key words: AA-HPA-AMPS; the anti-scale performance; the regression equation; reaction temperature; initiator; monomer ratio

腐殖质修复 TNT 污染土壤的机理探索

李 恒, 谯 华, 周从直

(解放军后勤工程学院 环境科学与工程系, 重庆 401311)

摘 要: 在总结大量文献的基础上, 主要就腐殖质修复 TNT 污染土壤的机理进行了探讨。腐殖质具有较大比表面积, 含有大量的羧基、酚羟基、羰基、醇羟基等官能团, 能通过共价吸附、微孔吸附、疏水性吸附、静电吸附等与土壤中 TNT 及其转化产物相互作用, 进而影响土壤中 TNT 及其转化产物的迁移和生态毒性。

关键词: 腐殖质; 修复; TNT 污染土壤; 机理

中图分类号: X53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0005-03

1 前言

TNT (2, 4, 6-三硝基甲苯) 是使用最为广泛的含能材料, 因其拥有良好的稳定性、相对较低的熔点、好的可塑性、简单的合成工艺, 曾作为高性能炸药广泛应用于军事领域^[1]。据统计, 1933~1945 年, 德国共生产了大约 800000t 的 TNT, 多年之后, 在这些原弹药生产厂的地下水和其周围区域的土壤中仍检测到高浓度的 TNT 及相关的污染物质^[2], 给附近的河流和土壤造成了严重的污染。另外, TNT 及其降解物具有毒性, 其毒性是其他化合物毒性的 20~50 倍^[1], 可引起生物有机体发生癌变、突变, 对人类健康有巨大的危害, 因此 TNT 污染土壤的修复倍受关注。

TNT 污染土壤的修复按修复原理可分为物理修复、化学修复与生物修复; 按其最终归宿可分为矿化修复和腐殖化修复。其中矿化最好、最环保、最安全, 但基于 TNT 本身特性, 难度较大, 由¹⁴C-TNT 矿化为¹⁴CO₂ 的量常低于检测限^[3, 4]。TNT 污染土壤腐殖化修复是指 TNT 及其转化产物在生物、化学及生物化学作用下, 与环境中腐殖质通过共价键等方式相结合, 成为腐殖质的一部分, 从而进入土壤的氮素循环, 相对于矿化而言, 较易实现。同时, 腐殖化修复可原位进行, 因此, TNT 污染土壤腐殖化修复具有广阔的应用前景。国外很多学者在研究 TNT 污染土壤生物修复过程中发现, 在有机质较多 (≥2%) 的土壤中, TNT 污染土壤腐殖化

现象普遍存在; 国内谯华在生物泥浆反应器修复 TNT 污染土壤的过程中也发现腐殖化现象。

本文系统地阐述了腐殖质修复 TNT 污染土壤的机理, 为 TNT 污染土壤的修复提供一些技术参考。

2 腐殖质修复 TNT 污染土壤的机理

作为腐殖化修复主体的腐殖质是具有较大比表面积的一类高分子芳香族醌类聚合物, 含有大量的羧基、酚羟基、羰基、醇羟基等官能团, 与土壤中 TNT 及其转化产物存在着复杂的作用机理。国外许多学者提出: 通过共价键、氢键、离子键等方式, TNT 及其降解物可以与腐殖质的羧基、酚羟基、醌基等官能团吸附结合。Christof Achtnich^[5] 在利用不同的提取剂提取 TNT 污染土壤的腐殖质时证实, 腐殖质与 TNT 及其降解物之间存在共价键、氢键。Anzhi Z. 等^[6] 在研究影响腐殖质与土壤中 TNT 及其降解物耦合的因素时发现, 用静电吸附的观点可以很好地解释研究中的一些吸附现象。

2.1 共价吸附

Fritsche 等^[7] 在研究真菌修复炸药污染土壤时发现, TNT 的矿化率不足 20%, 其余部分通过中间代谢物可与腐殖质产生不可逆的化学吸附。对¹⁴C-TNT 研究表明, 这种不可逆的化学吸附主要是因为 TNT 及其降解物与腐殖质共价吸附引起的^[8]。Peterson^[9] 也证实 TNT 降解物与腐殖质之间存在共价结合, 共价结合的基团主要为氨基 (具有亲核特性), TNT 的还原产物 (如二氨基硝基甲苯和三氨基甲苯) 通过与碳酰基和苯醌进行 1, 2 亲核加成反应, 可以吸附于土壤的有机质上^[10]。Christof Achtnich^[11] 也证明 TNT 降解物的芳香胺可与胡敏酸共价生成二胺、叔胺氨基化合物。

收稿日期: 2012-7-24

基金项目: 解放军后勤工程学院博士学术创新科研项目 (编号: YZ11-43301); 总后勤部 CY112C017。

作者简介: 李恒 (1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事环境污染与治理研究。

共价吸附是腐殖质不可逆吸附的主要原因，只有 TNT 及其降解物与腐殖质共价结合，成为腐殖质的一部分，TNT 才不会给环境带来危害。

2.2 微孔吸附

Esteve - Nuñez 等曾发现 TNT 转化产物，如羟氨基二硝基甲苯 (HADNT)、氨基二硝基甲苯 (ADNT)、二氨基硝基甲苯 (DANT)、二核或多核聚合产物如氧化偶氮化合物、联苯等中间产物及最终硝基还原产物 TAT 会被土壤介质——腐殖质包埋^[2,12]。这可能是因为腐殖酸的脂肪链相互缠绕成网状结构，形成截留外来物质的微孔，这种空穴吸附的能力可占土壤有机质对疏水性有机物总吸附的 37% ~ 54%^[13]。Achtlich^[5]把腐殖质这种结构形象化为“牢笼”结构，他认为这种结构来自极性物质的交叉互联，“牢笼”结构可以吸附 28% 的 TNT 类物质，并且很难解吸附。

一般认为微孔吸附，次于共价不可逆吸附，是腐殖质固定 TNT 类污染物的第二大原因。

2.3 疏水性吸附

Eriksson^[14]等在研究土壤颗粒有机物 (POM) 对 TNT 及其代谢产物的吸附行为时发现，低浓度 TNT 条件下，TNT 代谢产物可以与 POM 上的特异性点位以离子键的方式结合。但当这些点位饱和后，疏水分配成为 POM 吸附的主要机理，其线性关系 (R_2 为 0.92) 为：

$$\log K_{oc} = 0.088 + 0.909 \lg K_{ow}$$

其中： $\log K_{oc}$ ——有机碳分配系数：

$\lg K_{ow}$ ——辛醇比

疏水性吸附是减少土壤中 TNT 不可忽视的原因，随着离子强度的增加，腐殖酸聚合体的净电荷量减少，腐殖酸开始卷褶聚合，腐殖酸亲水性减小，其吸附 2, 6 - 二氨基硝基甲苯的能力减弱，但腐殖酸低亲水性结构可以与疏水性 TNT 发生疏水性吸附^[6]。疏水性吸附与腐殖酸的脂肪特性显著相关，相对疏水的特性的脂肪碳可能对低极性和非极性化合物具有较强的结合能力^[15]。李丽^[16]等在研究腐殖酸分子结构对疏水性化合物非吸附行为的影响时发现，随着腐殖酸中脂肪碳含量的增加，腐殖酸对菲的吸附能力和 Freundlich 等温线的非线性特征增强。Neera Singh^[17]也得到了类似的结论，但 Neera Singh 研究得更深入，其进一步指出 TNT 的吸附量与疏水特性的烷基碳、石蜡碳、芳基碳、羰基碳成正相关，而与亲水特性的 O/N - 烷基碳成负相关。

疏水性吸附的观点可以很好地解释水溶性及可水溶性的 HA (腐殖酸) 和 FA (富里酸) 对 TNT

的吸附能力小于非水溶性胡敏素对 TNT 的吸附。但这种结合方式不够稳定，易受环境因素的影响。

2.4 静电吸附

氨基硝基甲苯或三氨基甲苯水解带正电荷，腐殖酸在碱性条件下水解呈电负性，异性电荷相吸。水解程度越大吸附能力越强。

高 pH 会抑制 2, 6 - 二氨基硝基甲苯与腐植酸结合。这是因为 2, 6 - 二氨基硝基甲苯正电荷可能的结合位点位于腐植酸羧基和酚环上，虽然高 pH 有利于腐植酸水解，但是 2, 6 - 二氨基硝基甲苯水解却被抑制了，其带的正电荷数量减少，静电引力弱化^[6]。Neera Sing^[17]的研究证明了静电吸附的存在，发现 TNT 及其降解物 DNT 在腐殖质上的固定与羰基碳含量显著相关，他解释这可能是羰基碳带有正电荷，而 TNT 与 DNT 的硝基基团带有负电荷的原因。

2.5 氢键

腐殖质具有大量含 O、N 的极性官能团，如羟基 (-H)、羧基 (-COOH)、酚羟基、甲氧基、酰胺基，这些官能团上的氢原子可以同吸附分子中的电负性极大的原子 (如 TNT 与其降解物的 N、O) 上的孤对电子作用，形成氢键 (直线型 σ 键，如图 1)^[18]。氢键在腐殖质吸附 TNT 及其降解物的过程中具有重要的作用。氢键的强度是范德华力的 5 ~ 10 倍，通过氢键吸附的分子在室温下很难脱附，需要在 100 ~ 150℃ 真空除气条件下才能脱附，对含微孔的多空体，脱附温度更高。

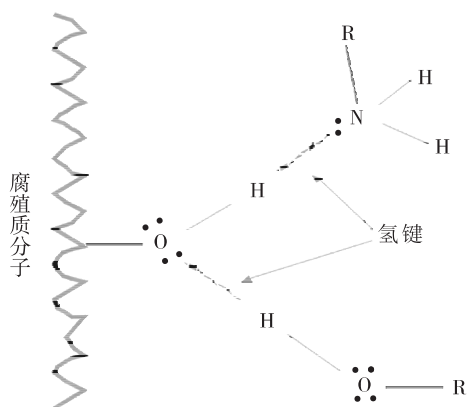


图1 腐殖质氢键吸附模型

基于有机提取剂，如尿素^[19]可以破坏氢键的原理，一些研究者用有机质提取剂提取土壤中的腐殖质的方法，并取得了良好的效果，这间接证明了氢键吸附的存在。

2.6 酸、碱、 π 轨道相互作用

按照 Lewis 酸碱理论：原子的电子过剩时，表现出给电子活性，称为 Lewis 酸；原子的电子不足

时,表现出受电子活性,称为 Lewis 碱。

腐殖酸和 TNT 及其降解物有较多的芳香结构,芳香环连接一些基团时, π 轨道的负电荷分布发生变化产生电荷移动。当苯环上结合吸电子基团硝基或氨基官能团时, π 轨道上的负电荷不足,能接受电子;当苯环上结合斥电子基团时, π 轨道能供给电子。含有这些芳香环的分子与给电子体或受电子体作用能生成电荷转移型络合物^[18]。Kukkonen 等^[20]也提出了疏水性物质作为电荷给体和有机物中的芳香结构作为电荷受体之间电荷转移特殊作用的存在。腐殖质大分子中的富电子结构(如双酚)可以与电子受体特征的 TNT 类物质,通过电子给予-接受机理,形成电荷转移络合物^[21]。

除此之外,腐殖质与 TNT 及其降解物之间的吸附还有离子键^[5]、London 色散力、偶极子相互作用、四极子相互作用等,但这些作用在腐殖质吸附 TNT 及其降解物的过程中较弱。

3 结论与展望

腐殖质修复 TNT 污染土壤是物理、化学、生物因素综合作用的结果。腐殖质含有多种功能基团,如羧基、醇羟基、酚羟基、羰基和甲氧基等,具有很高的反应活性(如吸附作用、络合作用、氧化还原作用)。腐殖质通过共价结合、微孔吸附、疏水吸附、氢键、离子键、电子给予-接受等吸附机制,能与土壤中有毒污染物 TNT 及其降解产物等发生相互作用,影响其迁移转化和 TNT 污染土壤的修复效果及生态毒性表现。

有关腐殖质吸附土壤中 TNT 类污染物机理的研究大多是采用腐殖质模式物质代替腐殖质,但是,由于土壤是一个非均质系统,且腐殖质是不同分子量级、官能团含量各异的非均相有机混合物,各组分腐殖化修复的机理也不同,因此需要进行腐殖质不同组份修复 TNT 污染土壤机理的研究。

参考文献:

- [1] 陈琛,金若菲,周集体,等. 2,4,6-三硝基甲苯生物降解研究进展[J]. 现代化工,2009,29(1):35.
- [2] Christof Achtnich, Ute Sieglén et al. Irreversible Binding of Biologically Reduced 2,4,6-Trinitrotoluene to Soil [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 1999, 18(11):2416-2423.
- [3] Heiss, G. and H. J. Knackmuss. Bioelimination of trinitroaromatic compounds: immobilization versus mineralization [J]. Current Opinion in Microbiology, 2002, 5(3):282-287.
- [4] Smets, B. F., H. Yin, and A. Esteve-Nunez, TNT biotransformation: when chemistry confronts mineralization [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2007, 76(2):267-277.
- [5] Achtnich C, Lenke H et al. Stability of immobilized TNT derivatives in soil as a function of nitro group reduction [J]. Environmental Science & Technology, 2000, 34(17):3698-3704.
- [6] Anzhi Z. Li, Kenneth A. Marx, John Walker, David L. Kaplan. Trinitrotoluene and Metabolites Binding to Humic Acid [J]. Environ. Sci. Technol, 1997, 31, 584-589.
- [7] Fritsche W, Scheibner K et al. Fungal degradation of explosives: TNT and related nitroaromatic compounds [J]. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, 213-238.
- [8] Lewis T A, Newcombe D A, et al. Bioremediation of soil contaminated with explosives [J]. Journal of Environmental Management, 2004, 70(4):291-307.
- [9] Li Z M, Peterson M M et al. Remediating TNT-contaminated soil by soil washing and Fentin oxidation [J]. Science of the Total Environment, 1997, 204(2):107-115.
- [10] Ahmad F, Hughes J B. Reactivity of partially reduced aryl hydroxylamine and nitrosoarene metabolites of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) toward biomass and humic acids [J]. Environmental Science & Technology, 2002, 36(20):4370-4381.
- [11] Christof Achtnich, Errol fernandes et al. Covalent Binding of Reduced Metabolites of [15N3] TNT to Soil Organic Matter during a Bioremediation Process Analyzed by 15N NMR Spectroscopy [J]. Environ. Sci. Technol., 1999, 33:4448-4456.
- [12] Esteve-Nuñez A, Caballero A et al. Biological degradation of 2,4,6-trinitrotoluene [J]. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2001, 65(3):335-352.
- [13] Xing B, Pignatello J J, Gigliotto B. Competitive Sorption between Atrazine and Other Compounds in Soils and Model Sorbents [J]. Environ Sci Technol, 1996, 30(12):2432-2440.
- [14] Eriksson, J. and U. Skjellberg. Binding of 2,4,6-trinitrotoluene and its degradation products in a soil organic matter two-phase system [J]. Journal of Environmental Quality, 2001, 30(6):2053-2061.
- [15] M. J. Simpson, P. C. E. Johnson. Identification of mobile aliphatic domains in soil humin by solid state 13C-nuclear magnetic resonance [J]. Environ. Toxicol. Chem. 15(2006)52-57.
- [16] 李丽,于志强. 分子结构在腐殖酸对非吸附行为中的影响[J]. 环境化学,2004,23(4):381-386.
- [17] Neera Singh, Anne E. Berns, Dieter Hennecke, Jennifer Hoerner, Werner Koerdel, Andreas Schaeffer. Effect of soil organic matter chemistry on sorption of trinitrotoluene and 2,4-dinitrotoluene [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 173:343-348.
- [18] 近藤精一,石传达雄,安部郁夫. 吸附科学[M]. 北京:化学工业出版社,2006:25-28.
- [19] Hayes M H B. Solvent systems for the isolation of organic components from soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70(3):986-994.
- [20] Kukkonen J, McCarthy J F, Oikari A. Effects of XAD-8 Fractions of Dissolved Organic Carbon on the Sorption and Bioavailability of Organic Micropollutants [J]. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 1990, 19(4):551-557.
- [21] M. 霍夫里特, A. 斯泰因比歇尔. 生物高分子——木质素、腐殖质和煤[M]. 北京:化学工业出版社,2004:313.

(下转第12页)

污染负荷对人工湿地污染处理效果的影响

张 萍, 和丽萍, 陈 静, 杨逢乐, 田 军

(云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034)

摘 要: 研究了污染负荷对抚仙湖北岸典型人工湿地净化河道污水处理效率的影响。结果表明: 随着湿地的运行, 各项污染物去除效率均呈现下降趋势。TN、TP 去除率基本上随着进水浓度的上升而逐渐下降, 而 COD_{Cr} 、SS 去除率基本上随着进水浓度的下降而逐渐下降。如果不考虑其它因素, 仅从系统处理效果的角度选择污染负荷, 人工湿地系统的最佳污染负荷为: TN 1.0 ~ 10mg/L, TP 0.6mg/L 以下, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 3.0mg/L 以下, COD_{Mn} 15 ~ 20 mg/L, COD_{Cr} 100 ~ 150mg/L, BOD_5 20 ~ 70mg/L, SS 200 ~ 250mg/L。

关键词: 人工湿地; 污染负荷; 处理效果; 研究; 抚仙湖

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0008-05

人工湿地作为一种新兴的污水处理工艺, 兴起于 20 世纪 70 年代, 具有建造及运转费用低、维护简单、效果好、适用面广、对负荷变化的适应能力强等特点。一般来说, 人工湿地对进水污染负荷的承受能力有一定的范围, 污染负荷过大或过小均会影响其去除效率。根据国内外经验及人工湿地特点, 本研究选择实际运行的抚仙湖马料河人工湿地及窑泥沟人工湿地, 通过实测水质监测数据分析研究, 考查人工湿地在不同污染负荷条件下的净化效果。

1 研究条件与方法

1.1 人工湿地建设及处理工艺



图1 人工湿地工艺流程

1.2 测试项目及方法

玉溪市环境监测站于 2003 年、2004 年, 云南省环境科学研究院于 2005 ~ 2008 年, 分别对马料河人工湿地、窑泥沟人工湿地各 4 个采样点的 7 项水质指标进行了 30 次采样监测。4 个采样点分别为湿地进水口、氧化塘出水口、潜流湿地出水口、表面流湿地出水口。7 项水质指标为 TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP、 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、SS 及 BOD_5 等。监测方法均采用国家环境保护总局编写的《水和废水监测分析方法》, 具体监测方法为: TN 采用碱性过硫酸钾分光光度法, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 采用水杨酸分光光度

法, TP 采用钼酸铵分光光度法, COD_{Cr} 采用重铬酸盐法, SS 采用重量法, BOD_5 采用稀释与接种法。

1.3 人工湿地进出水水质

马料河人工湿地以及窑泥沟人工湿地系统的进水浓度平均值 TN 分别为 5.41mg/L 及 12.46mg/L, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 分别为 1.70mg/L 及 4.55mg/L, TP 分别为 0.44mg/L 及 1.15mg/L, COD_{Cr} 分别为 45.75mg/L 及 57.45mg/L, SS 分别为 334.81mg/L 及 55.11mg/L; 两个人工湿地系统的出水浓度 TN 分别为 2.80mg/L 及 8.17mg/L, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 分别为 1.05mg/L 及 2.90mg/L, TP 分别为 0.28mg/L 及 0.87mg/L, COD_{Cr} 分别为 22.06mg/L 及 29.49mg/L, SS 分别为 12.71mg/L 及 11.30mg/L。采用《地表水环境质量标准》(GB3838

-2002)对两个湿地系统的出水水质平均值进行判别,出水水质为劣V类。

2 污染负荷与去除率的相关性分析

2.1 氮磷进水浓度与去除率

一般来说,人工湿地对进水污染负荷的承受能力有一定的范围,污染负荷过大或过小均会影响其去除效率。对马料河人工湿地、窑泥沟人工湿地各监测指标的进水浓度与去除率进行对比分析,结果表明:TN、NH₃-N及TP去除率基本上是随着进水浓度的上升而逐渐下降。

马料河人工湿地TN进水浓度为20~25mg/L时,去除率为36.4%;TN进水浓度为10~20mg/L时,去除率为53.7%;TN进水浓度为10mg/L以下时,去除率为60%左右。NH₃-N进水浓度为5.0~8.0mg/L时,去除率为43.9%;NH₃-N进水浓度为1.0~4.0mg/L时,去除率为55%左右;NH₃-N进水浓度为1.0mg/L以下时,去除率为68.6%左右。TP进水浓度为1.0~2.0mg/L时,去除率为33.5%;TP进水浓度为0.3~1.0mg/L时,去除率为45%左右;TP进水浓度为0.3mg/L以下时,去除率为60%左右。

窑泥沟人工湿地TN进水浓度为20~23mg/L时,去除率为30.3%;TN进水浓度为6~10mg/L时,去除率为43.0%;TN进水浓度为3~6mg/L时,去除率为60%左右。NH₃-N进水浓度为5.0~13mg/L时,去除率为21.86%;NH₃-N进水浓度为3.0~4.0mg/L时,去除率为44.39%;NH₃-N进水浓度为1.0~3.0mg/L时,去除率为57.66%左右。TP进水浓度为0.7~1.0mg/L时,去除率为19.92%;TP进水浓度为0.6~0.7mg/L时,去除率为20%左右;TP进水浓度为0.3~0.6mg/L时,去除率为29.13%。

2.2 有机物及悬浮物进水浓度与去除率

COD_{Cr}、BOD₅及SS去除率基本上是随着进水浓度的下降而逐渐下降。

马料河人工湿地COD_{Cr}进水浓度为50~100mg/L时,去除率为61.3%;COD_{Cr}进水浓度为40~50mg/L时,去除率为39.8%;COD_{Cr}进水浓度为20mg/L以下时,去除率为41.7%。BOD₅进水浓度为20~70mg/L时,去除率为72.3%;BOD₅进水浓度为5~10mg/L时,去除率为35%左右;BOD₅进水浓度为5mg/L以下时,去除率为40%左右。SS进水浓度为35~50mg/L时,去除率为83.8%;SS进水浓度为30~35mg/L时,去除

率为55.0%左右;SS进水浓度为10~30mg/L时,去除率为50%左右。COD_{Mn}去除率是随着进水浓度的下降而上升,又随着进水浓度的下降而降低。COD_{Mn}进水浓度为20~30mg/L时,去除率为30.4%;COD_{Mn}进水浓度为15~20mg/L时,去除率为64.5%;COD_{Mn}进水浓度为5~15mg/L时,去除率为30%左右。

窑泥沟人工湿地COD_{Cr}进水浓度为100~200mg/L时,去除率为80.77%;COD_{Cr}进水浓度为40~80mg/L时,去除率为30%~40%;COD_{Cr}进水浓度为30~40mg/L时,去除率为30%左右。BOD₅进水浓度为20~70mg/L时,去除率为75.4%;BOD₅进水浓度为5~10mg/L时,去除率为50%左右;BOD₅进水浓度为4~5mg/L时,去除率为20%左右。SS进水浓度为200~250mg/L时,去除率为96.4%;SS进水浓度为30~35mg/L时,去除率为70%以上;SS进水浓度为10~20mg/L时,去除率为40%左右。COD_{Mn}去除率是随着进水浓度的下降而上升,又随着进水浓度的下降而降低。COD_{Mn}进水浓度为20~85mg/L时,去除率为36.15%;COD_{Mn}进水浓度为15~20mg/L时,去除率为62.33%;COD_{Mn}进水浓度为5~15mg/L时,去除率为40%左右。

2.3 人工湿地最佳进水浓度

综合考虑各项水质指标进水浓度对其去除率的影响,如果不考虑其它因素,仅从系统处理效果的角度选择污染负荷,马料河人工湿地系统的最佳污染负荷为:TN 1.0~10mg/L,TP 0.1~0.3mg/L,NH₃-N 0.1~1.0mg/L,COD_{Mn} 15~20mg/L,COD_{Cr} 50~150mg/L,BOD₅ 20~70mg/L,SS 35~50mg/L;窑泥沟人工湿地系统的最佳污染负荷为:TN 3.0~10mg/L,TP 0.3~0.6mg/L,NH₃-N 1.0~3.0mg/L,COD_{Mn} 15~20mg/L,COD_{Cr} 100~200mg/L,BOD₅ 20~70mg/L,SS 200~250mg/L。

进水浓度与污染物去除率变化情况见表1、表2,污染负荷对去除效果的影响见图2及图3。

3 研究结论

(1)随着湿地的运行,马料河人工湿地和窑泥沟人工湿地的进水不断上升,而各项水质指标的去除率逐渐下降,故出水浓度也随之上升,且进水浓度与出水浓度的差距净值不断加大。

(2)马料河人工湿地TN浓度为2.12mg/L时净化效果最好,为71.31%;TP浓度为0.49mg/L时为75.51%;COD_{Cr}浓度为134.64mg/L时为81.82%;

表1 马料河人工湿地进水浓度与污染物去除率变化情况 (mg/L)

指标	进水浓度		去除率/%
	范围	平均值	
TN	20~25	23.1	36.4
	10~20	14.9	53.7
	5~10	6.7	58.7
	1~5	3.1	64.7
TP	1.0~2.0	1.40	33.5
	0.7~1.0	0.92	42.5
	0.3~0.6	0.46	46.7
	0.1~0.3	0.24	62.7
NH ₃ -N	5~8	6.31	43.9
	2~4	2.90	55.6
	1~2	1.43	54.3
	0.1~1.0	0.67	68.6
COD _{Mn}	20~30	25.28	30.4
	15~20	16.41	64.5
	10~15	11.31	31.5
	10以下	5.49	30.5
COD _{Cr}	50~150	60.81	61.3
	40~50	42.76	39.8
	20~40	33.95	30.1
	20~30	24.53	34.6
	20以下	15.38	41.7
SS	35~50	37.10	83.8
	30~35	32.22	55.0
	20~30	23.93	40.3
	15~20	15.61	54.4
	10~15	13.67	58.6
	10以下	9.14	51.7
BOD ₅	20~70	34.98	72.3
	10~20	12.19	34.3
	5~10	5.92	37.4
	5以下	3.56	41.1

表2 窑泥沟人工湿地进水浓度与污染物去除率变化情况 (mg/L)

指标	进水浓度		去除率/%
	范围	平均值	
TN	20~23	21.6	30.3
	10~20	14.6	38.8
	6~10	7.6	43.0
	3~6	5.2	64.9
TP	1.0~1.5	1.34	19.27
	0.7~1.0	0.84	19.92
	0.6~0.7	0.67	20.06
	0.3~0.6	0.44	29.13
NH ₃ -N	5~13	6.95	21.86
	4~5	4.52	26.09
	3~4	3.26	44.39
	1~3	2.15	57.66
COD _{Mn}	20~85	50.12	36.15
	15~20	18.34	62.33
	10~15	12.52	40.28
	4~10	7.01	27.04
COD _{Cr}	100~200	165.77	80.77
	80~100	89.80	35.61
	50~80	60.99	40.22
	40~50	46.11	43.76
	30~40	35.15	31.53
SS	200~250	248.00	96.4
	50~100	63.68	82.4
	35~50	45.39	72.1
	30~35	32.84	68.7
	20~30	28.00	63.6
	10~20	18.67	37.5
BOD ₅	20~70	38.59	75.4
	10~20	13.59	41.3
	5~10	6.72	49.8
	4~5	4.63	20.9

SS浓度为7.56 mg/L时为67.64%。综合考虑各项水质指标进水浓度对其去除率的影响,如果不考虑其它因素,仅从系统处理效果的角度选择污染负荷,马料河人工湿地系统的最佳污染负荷为:TN 1.0~10mg/L, TP 0.1~0.3mg/L, COD_{Cr}0.6mg/L, COD_{Cr} 100~200mg/L, SS 200~250mg/L。

(3) 窑泥沟人工湿地, TN浓度为9.57mg/L时净化效果最好,为72.10%; TP浓度为2.12mg/L时,为71.31%; COD_{Cr}浓度为166.32mg/L时,为79.76%; SS浓度为55.56mg/L时,为96.00%。综合考虑各项水质指标进水浓度对其去除率的影响,如果不考虑其它因素,仅从系统处理效果的角度选

择污染负荷,窑泥沟人工湿地系统的最佳污染负荷为:TN 3.0~10mg/L, TP 0.3~50~150mg/L, SS 35~50mg/L。

(4) 通过对马料河人工湿地及窑泥沟人工湿地的进水浓度与各项水质指标的净化效果相关性分析得知,综合考虑各项水质指标进水浓度对其去除率的影响,如果不考虑其它因素,仅从系统处理效果的角度选择污染负荷,人工湿地系统的最佳污染负荷为:TN 1.0~10mg/L, TP 0.6mg/L以下, NH₃-N 3.0mg/L以下, COD_{Mn} 15~20mg/L, COD_{Cr} 100~150mg/L, BOD₅ 20~70mg/L, SS 200~250mg/L或35~50mg/L。

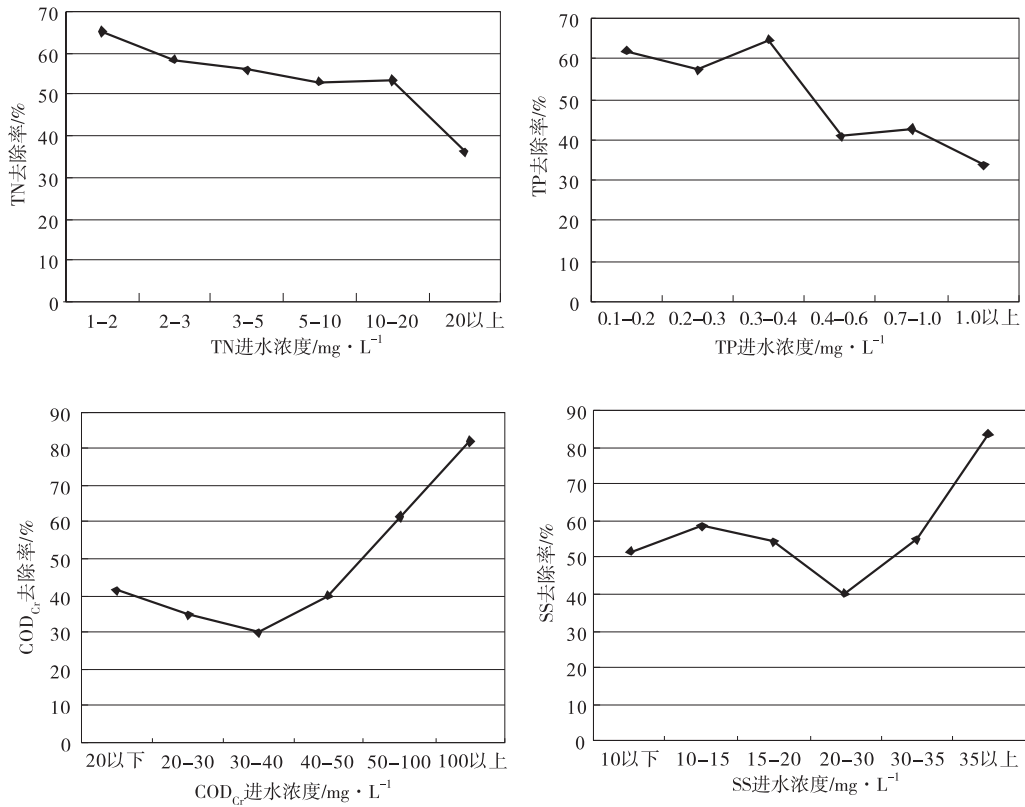


图2 马料河人工湿地污染负荷对去除效果的影响

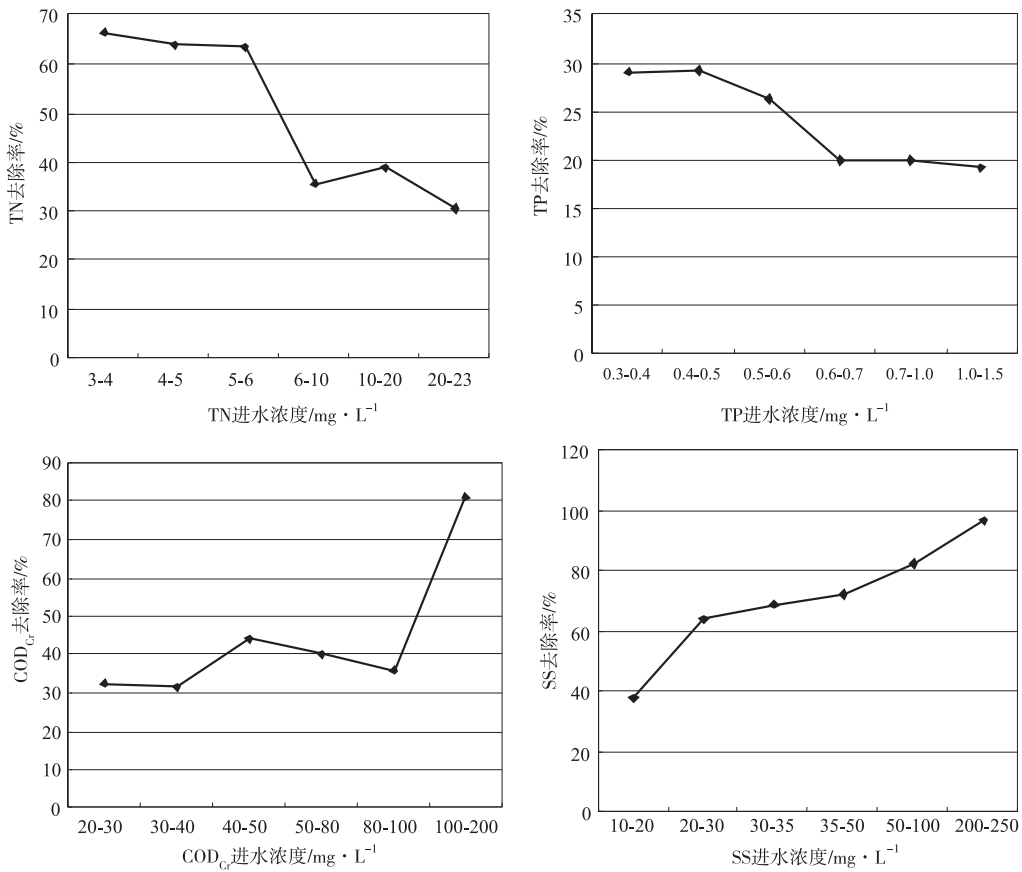


图3 窑泥沟人工湿地污染负荷对去除效果的影响

参考文献:

- [1] 王雪, 阮晓红, 陈长太. 复合流式人工湿地污水处理试验研究 [J]. 牡丹江师范学院学报, 2003, (1): 1-2.
- [2] 梅双纬, 陈晓华. 人工湿地不同深度 COD 去除率的变化研究 [J]. 水利科技与经济, 2006, 12 (11): 764-766.
- [3] 陶静, 汪德耀. 小型复合流人工湿地的设计及对有机物去除效率的分析 [J]. 水电站设计, 2004, 20 (2): 90-92.

The Impact of Pollution Load on the Pollution Treatment Efficiency of the Artificial Wetland

ZHANG Ping, HE Li-ping, CHEN Jing, YANG Feng-le, TIAN Jun

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

Abstract: This paper analyzes the impact of the pollution load on treating the wastewater in the river by a typical artificial wetland located at the north of Fuxian Lake. The result shows that the removal rate of the various pollutants is gradually going down with the wetland's operation. The removal rate of TN and TP is decreasing with the increasing influent concentration, while removing COD_{Cr} and SS in the wastewater is on the contrary. Leaving other factors aside, the wetland treatment performance could be optimized when the pollution loads are: TN 1.0 ~ 10mg/L, TP below 0.6mg/L, NH₃-N below 3.0mg/L, COD_{Mn} 15 ~ 20 mg/L, COD_{Cr} 100 ~ 150mg/L, BOD₅ 20 ~ 70mg/L, SS 200 ~ 250mg/L.

Key words: artificial wetland; pollution load; treatment efficiency; research; Fuxian Lake

(上接第7页)

A Study on Restoring the TNT - Contaminated Soil by Humus

LI Heng, QIAO Hua, ZHOU Cong-zhi

(Environmental Science and Engineering, Logistic Engineering University of PLA, Chongqing 401311 China)

Abstract: Based on the literature review, the paper discusses the mechanism of restoring the TNT-polluted soil by humus. The humus, with a large specific surface area, contains a great number of the functional groups such as carboxyl, hydroxyl, carbonyl and alcohols. Through covalent bonds, microporous adsorption, hydrophobic adsorption, electrostatic adsorption and hydrogen bonds, it interacts with TNT and its metabolites in soil, and then influences their ecological migration and toxicity.

Key words: humus; restoration; TNT-contaminated soil; mechanism

巧借他山石 助我振翅飞

——推进国家重大水专项滇池洱海项目的思考

周东际, 李 湘, 贾丽娟
(云南省环境保护厅, 云南 昆明 650000)

摘要:介绍了云南省水专项项目的基本情况,总结了“十一五”的成果及经验,提出了“十二五”的思考和建设。

关键词:水专项; 成果; 经验; 建设; 云南

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 01 - 0013 - 04

水体污染控制与治理科技重大专项(以下简称水专项)是根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》设立的16个重大科学技术研究专项之一,是一个以水质改善为目标导向的国家科技重大工程,旨在依靠科技进步,研发高效低耗、经济实用、适合国情的水处理技术和装备,解决制约我国经济社会发展的水污染重大技术瓶颈问题,为水体污染物减排、重点流域治污和饮用水安全保障工程提供全面科技支撑。2006年9月,国务院批准成立了水专项领导小组,原国家环保总局为组长单位,建设部为副组长单位,成员单位包括科技部、发展和改革委员会、财政部、水利部、农业部、教育部、中科院和工程院,负责组织实施水专项工作,领导小组下设水专项办公室在环保部。

2007年12月,温家宝总理主持召开国务院常务会议,原则通过《水专项总体实施方案》。水专项设置三个阶段(“十一五”、“十二五”、“十三五”)共13年(2008~2020年)的研究目标:“十一五”突破水体“控源减排关键技术”,建立水环境“监控”指标体系与水污染防治长效机制,为示范区消除劣V类水体提供技术保障;“十二五”突破水体“减负修复”关键技术,形成水环境“监控业务化运行”成套技术与管理示范,支撑示范流域水质明显改善;“十三五”突破流域水环境“综合调控”成套关键技术,建立国家水环境“监控预警平台”,保障我国流域水环境安全。水专项以“湖泊富营养化控制与治理”、“河流水环境综合整治”、“城市水污染控制与水环境综合整治”、“饮用水安全保障”、

“流域水污染防治监控预警”、“水体污染控制和治理战略与政策”等6大主题为主要研究内容,6个主题下设33个项目;构建流域水环境管理技术体系、水污染控制与治理技术体系为特征的两大技术路线;确定太湖作为流域层面开展水体污染控制与治理综合技术集成与示范的试点。水专项分主题、项目、课题三个层次,以项目为基本管理单元,项目和课题的承担实行法人负责制,按照示范类、研究类和技术研发类项目或课题分类进行管理,国家水专项办对有重大影响的重点课题进行直接管理。

水专项实施概算期为三个阶段共13年(2008~2020年),总投资概算365.5亿元,其中中央财政投资146.6亿元,占总投资额的40.1%;地方及企业投资218.9亿元,占59.9%。

云南省“滇池流域水污染控制及富营养化治理关键技术与示范项目”(以下简称“滇池项目”)和“富营养化初期湖泊(洱海)水污染综合防治技术研究工程示范项目”(以下简称“洱海项目”)列入水专项。2009年2月,水专项全面启动实施。

1 云南省水专项项目的基本情况

云南省从2006年底开始水专项“滇池项目”和“洱海项目”的组织筹划工作,并得到省政府的高度重视和各有关部门的支持配合。2007年8月省政府成立以分管环保工作的副省长为组长的“国家水专项云南省项目领导小组”(云政办发[2007]190号),负责组织、协调、实施和管理云南省水专项工作。领导小组下设办公室在云南省环保局,办公室主任由省环保局和建设厅分管水专项工作的副厅长(局)长担任。2007年9月,云南省向国家水专项办公室上报“滇池项目”和“洱海项目”的项目建议书。2007年10月省财政厅出具《关于对国家科技重大专项—云南滇池、洱海项目资金承诺函》

收稿日期:2012-10-12

作者简介:周东际,云南省环境保护厅副厅长,厅党组成员。

(云财建[2007]385号)。国务院常务会议通过《水专项总体实施方案》后,云南省“滇池项目”和“洱海项目”正式列入了水专项第一主题——湖泊主题(该主题共设置6个项目)。“滇池项目”下设6个课题,每个课题设若干子课题;“洱海项目”下设7个课题,每个课题也设若干子课题。在上报国家水专项办“滇池项目”和“洱海项目”的实施方案中,第一阶段(“十一五”期间)“滇池项目”总预算3亿元,其中中央财政专项资金1.2亿元,地方配套1.8亿元;“洱海项目”总预算2.25亿元,其中中央财政专项资金9000万元,地方配套1.35亿元。经财政部和科技部预算审查,截至目前,“十一五”的“滇池项目”6个课题已全部启动,共划拨中央资金7609万元;“洱海项目”7个课题已全部启动,共划拨中央资金7312万元。

2 “十一五”成果及经验

自2009年2月水专项全面启动以来,云南两个项目的各个课题按照实施方案的要求,有计划地推进。2010年8月科技部、发展改革委、财政部三部门组织的监督评估专家组对云南省水专项工作的开展情况进行了集中监督评估,监督评估组认为,滇池是国家重大专项确定的重点,是“三河三湖一江一库”的重点,通过监督评估看到,滇池治理思路很清晰,有一个规划,做到“四个坚定不移”,实现“四个转变”,实施“六大工程”、“四退三还一护”、“河道综合整治158工程”,取得了很好的效果。洱海作为国家水专项推荐的重点成果,在营养化初期湖泊水污染控制与生态修复关键技术上做了很多工作,与地方的治理和示范工程结合较好。2010年12月,环保部副部长、国家水专项第一行政负责人吴晓青率国家水专项办在昆明组织召开水专项实施管理工作座谈会,在听取国家水专项湖泊主题组组长金相灿研究员介绍水专项滇池项目、洱海项目“十二五”顶层设计的技术路线、研究内容后,吴副部长指出,一直以来,党中央、国务院领导高度重视滇池水污染治理工作,云南省委、省政府认真贯彻落实中央领导指示精神,把滇池、洱海治理作为事关云南发展全局的大事来抓,以前所未有的重视程度和工作力度,完善治理思路,强化治理措施,将水专项云南项目的实施作为水环境综合治理的重要科技支撑。2011年5月,国家水专项管理办公室在昆明召开水专项“十二五”滇池流域协调工作会议,水专项技术总师、中国工程院院士、中国环科院院长孟伟介绍了水专项“十二五”滇池流域任务安排,湖泊、城市、监控预警、战略与政策等四个主题分别汇报了“十一五”期间滇池流域水专项研究进展及“十二五”实施方案情况,会议

提出加强流域研究任务的系统设计、进一步明确和强化“综合示范区”、加强各主题在滇池流域的任务分工与协作、加速推进各主题项目课题的研究、进一步强化地方行政负责制等意见,进一步理清了“十二五”期间滇池治理工作思路,对推动滇池治理全面提速实现水质改善具有十分重要的意义,会上云南省水专项协调领导小组办公室还结合《关于进一步加强地方政府参与水专项组织实施工作的指导意见》就管理体制机制的创新提出了云南的建议。2011年8月,国家环境咨询委员会暨环境保护部科学技术委员会到云南开展暑期调研,积极为滇池和抚仙湖保护治理献计献策,对滇池和抚仙湖流域规划的总体思路、任务设计和保障措施等提出了许多建设性意见。环保部副部长、环保部科学技术委员会主任吴晓青指出,要充分发挥“两委”智库作用,围绕环保工作,建睿智之言,献务实之策,为环境保护科学决策发挥重要作用,构建强大坚实的科技支撑体系。

总体来看,通过水专项“十一五”滇池、洱海项目的实施,以主题为线条,调动整合全国水污染治理的技术资源和优势,在科技攻关和关键技术上取得突破,如:“滇池项目”通过系统评估认为,滇池治理的全面提速,为滇池水环境好转创造了积极有利的态势;滇池水环境恶化趋势得到遏制,水质好转的“拐点”有望在“十二五”期间形成;滇池全流域治理的步伐加快,为从根本上解决滇池问题提供了保障。同时,滇池水专项的阶段性工作为滇池流域水污染防治“十二五”规划提供了技术基础和决策支持,也为高原湖泊流域水污染控制与治理提供了示范与借鉴;水专项的阶段性成果多角度、多层次地渗透和应用到滇池“十二五”规划目标、方案设计和重点工程等环节,较好地体现了“五个支撑”(数据支撑、结论支撑、模型支撑、方案支撑、技术支撑)。大理州委、州政府把水专项“洱海项目”科研队伍作为保护与治理洱海重大科技保障,从政策方面给予水专项工作大力支持,在洱海保护与治理年度重点工程项目的安排上,把水专项在洱海流域的研究内容、成果应用与水专项示范工程纳入到洱海保护治理重点工程中,使水专项的研究工作与洱海流域保护治理工作同步进行。华中师范大学与洱源县结合,把研究成果应用到生态文明试点县中,共同拟订完成了生态文明评价体系;上海交通大学与大理市结合,提供了罗时江生态河道建设示范工程和河口湿地恢复经济植物栽培的技术;中国环科院与开发区管委会结合,从湖滨带生物多样性修复、湖滨带缓冲区建设提出技术方案并运用于《洱海绿色流域建设及水污染防治规划》中。

3 “十二五”的思考和建议

从2011年开始到2012年上半年,水专项“十一五”将陆续开展验收工作。水专项云南项目中,滇池项目的1、5课题和洱海项目的2、4、5、6课题2011年验收,滇池的2、3、4、6课题和洱海的1、3、7课题在2012年的上半年验收。同时,水专项“十二五”的各个课题将在2012年启动。结合国家水专项办的要求,紧紧围绕重点突破水体“减负修复”关键技术,形成水环境“监控业务化运行”成套技术与管理示范,支撑重点流域水质明显改善和保障饮用水安全,并形成产业化能力的目标,“十二五”期间,云南省水专项办对下一步工作的思考:着力抓好一个落实、一个结合和一个探索。

(1) 一个落实

贯彻落实环保部《关于进一步加强地方政府参与水专项组织实施工作的指导意见》(环办〔2010〕168号)文件中提出的新的水专项管理思路和管理模式,即:将主题、流域、地方政府有机结合,充分反映和支持地方的科技需求,地方政府参与流程和课题推进,使科研成果和治理效果相结合;从管理链条方面理顺地方政府参与的机制;从矩阵式管理模式管理产生的结点,找到具体参与的抓手;从管理过程中,建立总结出参与的模式,充分发挥流域专家组的作用,进一步促进项目与治理的深度融合。

在实际工作中,省水专项办和昆明市、大理州水专项办要积极主动抓好四个机制:一是地方需求与国家需求相融合的设计机制,把云南省解决突出的高原湖泊水污染治理需求与国家长远发展的水环境、水安全、水生态等重大科技目标有机融合,促进水专项成果转化,加快云南省科技水平提升;二是公开择优与定向委托相融合的遴选机制,引入国家级科研平台,鼓励云南本地的专业技术人员积极参与,形成“引进来、带起来、同发展”的科研队伍建设新模式;三是项目实施与课题进展相融合的监管机制,加强日常监管,及时掌握进展情况和阶段性成果,根据实际向国家水专项办提出项目与课题任务和经费的调整建议;四是总体验收与阶段总结相融合的验收机制,做好课题阶段总结,最终汇成项目成果总结。

(2) 一个结合

“十二五”期间,国家水专项将重点研发集成重点行业典型水环境全过程污染负荷减排、城镇污水处理厂高效脱氮除磷、面源污染控制成套技术、饮用水安全保障和水环境保护共性技术,形成基于水生态功能分区——水质基准标准——水生态承载力——控制单元总量控制的流域水质目标管理整装

成套技术,基本构建流域水污染治理整装成套技术体系和流域水环境综合管理整装成套技术体系。根据这一目标,我们要结合云南的实际,一是积极沟通协调,建立与发展改革、工信、住房城乡建设、农业、水利等部门规划编制和实施的联络沟通机制,强化水专项示范工程和部门治理工程的结合;二是建立专家层面的技术交流机制,强化流域专家组的技术指导作用,实现水专项整体设计思路、示范区选择、水质改善目标、示范工程和配套工程、政策保障措施与流域规划的“五个对接”;三是建立与流域规划实施的同步机制,将水专项示范工程和配套工程纳入重点流域规划,同步实施、统一考核。

“十一五”期间,是滇池治理力度最大、投入最多、成效最明显的五年。五年坚持不懈的努力,滇池治理取得了重要的阶段性成果,滇池水质快速恶化的趋势得到遏制,水环境质量整体保持稳定,滇池湖体局部水域、主要入湖河道水体景观及周边环境明显改善,流域生态系统逐步恢复,滇池已从污染治理湖泊向生态恢复湖泊转变。下一步,我们要充分抓住国家将滇池项目纳入重点流域这一千载难逢的好机会,以科技引领工程,用工程推动研究,进一步探讨完善商业运营模式,结合中国昆明高原湖泊国际研究中心的建设和云南省环保厅与中科院地化所的战略合作,做成资源优势整合的平台,使科学研究与示范工程更加紧密联系在一起,互相融合,相互促进,共同发展。

(3) 一个探索

积极探索培育战略性新兴产业,“十二五”期间,国家水专项将根据重点流域水污染治理与水质改善重点工程所急需的关键设备和重大装备的支撑需求,在“工业废水处理”、“城市水污染控制”、“面源污染控制与生态修复”、“饮用水安全保障”、“生态环境监测”等5个方面开展关键设备研发,培育战略性新兴产业,提升我国环保产业整装成套技术的研发能力和重大装备国产化水平。国家的具体做法是:一是由总体专家组组织相关企业代表、产业化专家,统筹考虑提出水专项“十二五”产业化任务设置的建议;二是加大对产业化任务的经费支持力度,鼓励企业积极参与;三是以政府为主导,整合相关资源,培育和引导集投资、融资、建设、运营、管理为一体的专业化公司的发展;四是认真研究并充分利用中央财政后补助机制,探索中央财政后补助方式在水专项中的运用。

2010年云南省编制了《云南省环保产业发展规划(2010-2020年)》,虽然目前还在进一步的深挖和细化中,但水专项“十二五”培育战略性新兴产业的发展战略为我们推进云南环保产业发展提

供了很好的新思路,我们将抓住这一难得的机遇,围绕《规划》中提出的“优化两种环境、建设五个园区、发展七个集群、建设十大工程”的发展路径,为云南环保产业和环保企业的跨越式发展做出积极探索。

国家重大水专项在云南的实施既是云南省在系统研究水污染控制与治理机理方面得到国家科技专项支持的第一次,也是云南面临的一次难得历史机遇,我们将紧扣省委九次党代会提出的云南今后五年要实现科学发展、和谐发展、跨越发展这一战略目标,充分发挥和整合国家科技资源优势与平台,借他山之石,为云南的经济发展、社会和谐与环境保护,特别是云南高原湖泊的治理与保护做出最大的贡献。

附1:“滇池项目”和“洱海项目”课题名称

滇池项目:“滇池流域水污染控制及富营养化治理关键技术与示范”

课题一:流域社会经济结构调整及水污染综合防治中长期规划研究

课题二:滇池北岸重污染区系统控源技术方法

课题三:城市重污染河流入湖负荷削减及水环境改善技术与工程示范

课题四:滇池流域面源污染调查与控制方案及工程示范

课题五:湖泊生态系统退化调查研究与修复途径的关键技术研究及工程示范

课题六:滇池流域水环境综合管理支撑技术与平台建设

洱海项目:营养化初期湖泊(洱海)水污染综合防治技术及工程示范

课题一:洱海全流域清水方案与社会经济发展友好模式研究

课题二:大规模农村与农田面源污染的区域性综合防治技术与

规模化示范

课题三:上游入湖河流净化及沿河低污染水的生态处理技术及工程示范

课题四:湖滨带生物多样性修复与缓冲区构建技术及工程示范

课题五:湖泊水生态、内负荷变化研究与防退化技术及工程示范

课题六:典型湖湾水体水污染防治与综合修复技术及工程示范

课题七:流域面源污染处理设备研发及产业化基地建设

附2:16个重大科技专项

未来15年力争取得突破的16个重大科技专项,涉及信息、生物等战略产业领域,能源资源环境和人民健康等重大紧迫问题以及军民两用技术和国防技术。

1. 核心电子器件、高端通用芯片及基础软件;
2. 极大规模集成电路制造技术及成套工艺;
3. 新一代宽带无线移动通信;
4. 高档数控机床与基础制造技术;
5. 大型油气田及煤层气开发;
6. 大型先进压水堆及高温气冷堆核电站;
7. 水体污染控制与治理;
8. 转基因生物新品种培育;
9. 重大新药创制;
10. 艾滋病和病毒性肝炎等重大传染病防治;
11. 大型飞机;
12. 高分辨率对地观测系统;
13. 载人航天;
14. 探月工程; 等等。

其中许多专项受到国内外的高度关注。

重大科技专项是为了实现国家目标,通过核心技术突破和资源集成,在一定时限内完成的重大战略产品、关键共性技术或重大工程,是一个国家科技发展的重中之重。

16个重大专项的实施,将根据国家发展需要和实施条件的成熟程度,逐项论证启动。同时,根据国家战略需求和发展形势的变化,对重大专项进行动态调整,分步实施。

A Leap Forward by Learning from Others: about Promoting Dianchi and Erhai Projects of the National Water Program

ZHOU Dong-ji, LI Xiang, JIA Li-juan

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

Abstract: In this paper, the authors give a basic introduction about the Yunnan component of the National Water Program, and a summary of the achievements and the experience of the project during the 11th Five – Year Plan period. The recommendations for the next Five – Year Plan are put forward after the reflection.

Key words: National Water Program; achievements; experience; recommendations; Yunnan

陕西省环保投资绩效 DEA 实证分析

赵志华¹, 董小林²

(1. 长安大学政治与行政学院, 陕西 西安 710064;

2. 长安大学环境经济与管理研究所, 陕西 西安 710064)

摘要: 为优化环保投资结构, 有效使用环保投资, 借助于数据包络分析方法 (DEA) 对陕西省 2002 ~ 2009 年的环保投资绩效进行实证分析。实证分析结果表明, 这些年陕西省环保投资技术效率的均值为 0.985, 其在规模效率上处于规模合理或规模递增阶段占 75%, 在技术效率上处于最佳和有效状态的占 75%。说明陕西省环保投资绩效保持在一个较好的水平, 但陕西省环保投资还没有充分发挥作用, 环保投资对经济发展和进步的贡献偏低, 人才队伍建设力度水平亟待提高。陕西省政府可采取一些措施使陕西环保绩效进一步提高。

关键词: 环保投资; 数据包络分析; 规模效率; 技术效率; 陕西省

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 01 - 0017 - 05

环保投资是为了防治环境污染, 维持生态平衡以及环境保护科研和管理而投入资金。环保投资包括环境污染治理投资、生态保护投资、环境管理科学研究投资等。环保投资是国民经济和社会发展的固定资产投资重要组成部分, 是表征一个国家 (地区) 环境保护力度的重要指标。环保投资绩效分析是推进环保投入资金管理科学化, 提高其使用效益的重要手段。分析环保投资绩效, 使有限的资金发挥更大的作用, 成为环保及有关部门关注的重要问题。

有关环保投资绩效的研究使用较多的方法是均匀污染法和投入产出数学归纳法。均匀污染法从环境容量的利用水平方面研究污染治理投资规模。投入产出数学归纳法通过建立投入产出数学模型, 用定量分析的方法对环境因素的投入产出进行了分析。

由于环保产业活动是一个多输入、多输出的复杂系统, 其输入包括人、财、物等可定量计算的有形因素, 也包含国家政策的支持和地域自然环境等无形因素。在输出方面, 既包括在环保方面的达标量、处理量等直接产出, 又包含为经济发展和社会进步所做的贡献等间接产出, 要度量环保投资的绝对效率极其困难。

本文在前人对环保投资绩效研究的基础上, 采用 DEA 分析和评价陕西省环保投资的规模效率和技术效率的相对有效性, 并结合 DEA 计算结果对陕西省环保投资进行分析, 为相关政策制定者提出政策建议, 以期使决策更加科学和客观。

1 陕西环境保护投资现状分析

陕西省在西部开发中占有重要地位, 近年来, 陕西经济快速发展, 然而这给环境带来了巨大的压力。2003 年 1 月, 陕西启动了国家环境保护模范城市工作, 2008 年 7 月提出了“四城联创”工作战略。使得陕西环境质量状况得到一定程度的改善, 但环境问题仍然比较严重。

在环保投资中, 环境污染治理投资是主要组成部分, 在环境统计工作中, 环境保护投资主要就是统计的环境污染治理投资。下面就陕西省环境污染治理投资进行分析。

1.1 环境治理投资总额

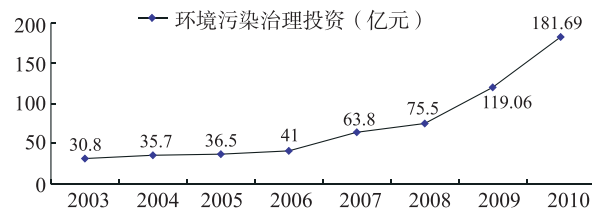


图1 陕西省环境污染治理投资变化趋势图

从图 1 可以看出 2003 ~ 2010 年陕西省环保投资总量呈稳步上升趋势, 年均增速为 28.9%, 尤其在 2009 年和 2010 年增速比较大, 分别为 57.7% 和 52.6%。随着陕西环境治理投资额大幅增加, 其环

收稿日期: 2012 - 09 - 03

作者简介: 赵志华 (1987 -), 男, 山东聊城人, 长安大学行政管理专业硕士研究生, 研究方向为环境行政管理。

通讯作者: 董小林 (1956 -), 男, 陕西耀县人, 教授, 长安大学环境经济与管理研究所所长。研究方向: 环境经济与管理, 建设项目管理。

境质量得到一定程度的改善。

1.2 环境污染治理投资占国内生产总值的比例

研究环境污染治理投资占国内生产总值 (GDP) 的比例有助于从宏观上去认识环境治理投资是否与经济发展水平相协调。

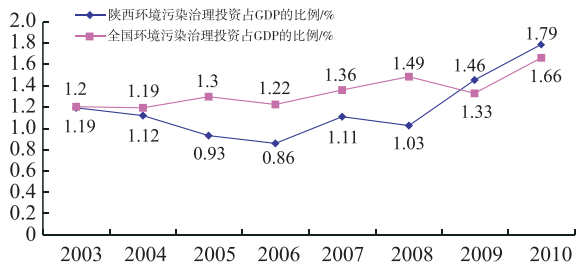


图2 陕西和全国环境污染治理投资占各自GDP的比例

由图2可以看出, 2003~2008年陕西环境污染治理投资占GDP的比例均比全国的比例低, 2009年和2010年比全国的比例高。

然而, 陕西省环保投资占GDP的比例仍然较低, 环保设计不合理、技术不过关及管理水平低, 造成一定数量的环保投资没有发挥应有的作用, 需要进一步分析环保投资的绩效问题。因此, 引入DEA模型来分析陕西省环保投资绩效。

2 环保投资绩效 DEA 模型的构建

数据包络分析 (Data Envelopment Analysis), 简称DEA, 是由美国著名运筹学家A·Charnes和W·W·Cooper等人于1978年以相对效率概念为基础发展起来的对同一类型的各决策单元 (DMU) 的相对有效性进行评价的方法。该方法特别适用于对若干不同类型的具有多输入和多输出的决策单元进行相对效率与效益的评价。

环境保护是一个多输入、多输出的复杂系统, 很难从环保投入和产出之间找出显著的函数关系, 要度量环保投资的绝对效率比较困难。如果以最少投资得到最高的产出, 这样的投入、产出关系就构成生产的前沿面, 在这个前沿面上投入产出相对效率达到最高。因此, 运用DEA方法分析环保投资绩效, 具有独特的优势。

DEA方法的基本思路为: 假定有 n 个决策单元 DMU_i ($1 \leq i \leq n$), 每个决策单元均有 m 种输入和 p 种输出, 其中第 i 个决策单元 DMU_i 的输入表示为 $x_i = (x_{i1}; x_{i2}; \dots, x_{im})^T$, 输出表示为 $y_i = (y_{i1}; y_{i2}; \dots, y_{ip})^T$, 权重表示为 $v = (v_1; v_2; \dots, v_m)^T$, $u = (u_1; u_2; \dots, u_p)^T$ 。并且 $x_{si} > 0$, $y_{ti} > 0$, 其中 $s = 1, 2, \dots, m$; $t = 1, 2, \dots, p$; $i = 1, 2, \dots, n$ 。

每个决策单元都有相应的绩效评价指数, $h_j = u^T y_j / v^T x_j$ 为第 j 个决策单元 DMU_j 的绩效评价指数。

对 DMU_0 进行绩效评价, 有如下优化模型 (即 C^2R 模型):

$$\begin{aligned} \max h_0 &= \frac{u^T y_0}{v^T x_0} \\ \begin{cases} h_i = \frac{u^T y_i}{v^T x_i} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

为了方便计算, C^2R 模型的分式规划形式可以转换为线性规划形式:

$$\begin{aligned} \max \mu^T y_0 \\ \begin{cases} \omega^T x_i - \mu^T y_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T x_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中 $\omega = tv, \mu = t\mu, t = \frac{1}{v^T x_0}$ 。

引入新的松弛变量 $s^- \geq 0, s^+ \geq 0$, 得到带有阿基米德无穷小以及松弛变量的线性规划模型:

$$\begin{cases} \min [\theta - \varepsilon(e_m^T s^- + e_s^T s^+)] = V_{D1} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i \lambda_i + s^- = \theta \lambda_0 \\ \sum_{i=1}^n y_i \lambda_i - s^+ = y_0 \\ \lambda_i \geq 0, (1 \leq i \leq n) \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

其中 ε 为非阿基米德无穷小量, $e_m^T = (1, 1, \dots, 1)^T \in R^m, e_s^T = (1, 1, \dots, 1)^T \in R^s$; s^-, s^+ 分别为输入输出松弛向量。 λ_i 用来判断 DMU_{i0} 的规模收益, 主要有以下三种情况:

- 一是, 如果存在 λ_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 使得 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, 则 DMU_{i0} 为规模收益不变。
- 二是, 如果不存在 λ_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 使得 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, 若 $\sum_{i=1}^n \lambda_i < 1$, 则 DMU_{i0} 为规模收益递增。
- 三是, 如果不存在 λ_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 使得 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, 若 $\sum_{i=1}^n \lambda_i > 1$, 则 DMU_{i0} 为规模收益递减。

上述带有阿基米德无穷小以及松弛变量的线性规划模型最优解为 $\lambda^0, s^{-0}, s^{+0}, \theta^0$, 其中 θ^0 为技术效率值, 其经济含义为:

若 $\theta^0 = 1, e_m^T s^{-0} + e_s^T s^{+0} > 0$ 或 $\theta^0 < 1$, 则 DMU_{i0} 未达到DEA最佳和有效状态, 其经济含义是

n 个决策单元组成的经济系统中对于投入 x_0 可以减少 s^- 而保持原产出不变,或在投入 x_0 不变的情况下提高产出 s^+ 。

第二,若 $\theta^0 = 1, e_m^T s^{-0} + e_s^T s^{+0} = 0$, 则 DMU_{j_0} 为 DEA 有效,其经济含义是 n 个决策单元组成的经济系统中,在投入 x_0 的情况下获得的产出 y_0 已达到最优。

3 陕西省环保投资绩效分析指标体系的建立

运用 DEA 测度相对效率时,要求决策单元具有相同的投入和产出指标,并且根据经验法则,决策单元的样本数至少是投入产出项数之和的两倍以上。笔者借鉴现有的研究成果,按照指标选取的统一性、科学性、整体性和指导性原则,考虑数据的可得性,结合环保投资的特点,构建如下指标体系。

投入指标:

环境污染治理投资 X_1 (亿元) (由于统计数据中环保投资额目前仅有环境污染治理投资的统计,其又是环保投资的主要组成部分,故采用环境污染治理投资额作为投入指标)。

水利、环境和公共设施管理业从业人员数 X_2 (人)。

废水治理设施数 X_3 (套)。

产出指标:

工业废水排放达标量 Y_1 (万 t)。

“三废”综合利用产品产值 Y_2 (万元)。

考虑到环保投资的特点,即环保投入和产出之间存在一定时滞,本文假定时滞为 1a。因此在进行数据采集时,投入指标数据从 2002 ~ 2009 年,而产出指标是从 2003 ~ 2010 年。指标体系的原始数据,如表 1 所示。

表 1 陕西省环保投入与产出指标数据

年份	投入类			产出类	
	X_1 /亿元	X_2 /人	X_3 /套	Y_1 /万 t	Y_2 /万元
2002	29.6	53199	1750		
2003	30.8	55221	1775	25491	28658
2004	35.7	53202	1721	29138	31366
2005	36.5	52755	1747	39704	49489
2006	41.0	53845	1996	38530	98525
2007	63.8	58392	2362	46652	160527
2008	75.5	62000	2780	46824	125403
2009	119.1	76000	1728	48146	222059
2010				45969	390656

数据来源:《陕西统计年鉴 2003 - 2011》、《中国环境统计年鉴 2005 - 2010》、《中国劳动统计年鉴 2003 - 2010》。

4 实证结果及分析

基于 DEA 方法的绩效分析主要涉及两个评价因子:规模效率及技术效率。“规模效率”衡量投入与产出的增加状态,即如果增加投入产出将会发生怎样的变化。“技术效率”更多的是对投入产出效

率的评价,衡量投入与产出是否达到最佳,是否存在投入冗余或产出不足。

借助 DEA 软件,将表 1 中原始数据指标输入进行运算、整理,得出综合评价结果,如表 2 所示。

表 2 陕西省环保投入产出绩效分析结果

年份	规模效率值	规模收益	技术效率值	技术效率	投入冗余值			产出不足值	
					$x1 -$	$x2 -$	$x3 -$	$y1 +$	$y2 +$
2002	0.757	递增	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2003	0.820	递增	0.982	非最佳	0.585	2021.206	32.676	115.005	2805.708
2004	0.986	递增	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2005	0.943	递增	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2006	1.000	不变	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2007	0.986	递减	0.938	非最佳	18.828	3608.138	275.74	0.000	42208.005
2008	0.986	递减	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	1.000	不变	1.000	最佳	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
均值	0.935		0.990						

从表 2 可以看出,8 个决策单元的技术效率均值为 0.990,这说明陕西省这 8a 的环保投资绩效水平总体情况良好。其中有 2 个年份既达到了技术有

效又达到了规模有效(即规模收益为“不变”且技术效率为“最佳”的年份),这两年环保投资达到了“帕累托最优”状态,即达到这些年产出水平的

投入已经是最小,如果缩减环保投入只能使产出同比例缩减。其中2002、2004、2005和2008年环保投资绩效达到最佳和有效状态(技术效率为1),这说明在当前的环保投资水平下,它们的配置已处于有效状态,即要保持现有的投入水平产出不能增加,但从规模效率来看没有达到规模有效(规模效率 <1),表示投入增量百分比与对应的产出增量百分比不相等。2003和2007年既没有达到技术最佳和有效(技术效率 <1)也没有达到规模有效(规模效率 <1),也就是说在这两年不仅环保投资没有达到最大规模,而且对于资源的配置和使用也未达到最佳和有效状态。

从规模效率看,达到合理规模水平(即规模收益不变)的年份有2006和2009年,这两年投入和产出会以同样的速度增加;处于规模收益递增的年份有2002、2003、2004和2005年,这些年如果增加科技投入,其收益将会以高于投入的速度增加,直到投入和产出达到最优状态;处于规模收益递减的年份有2007和2008年。这些年,收益的增加速度低于投入的增长。陕西省环保投资处于规模合理或规模递增的年份达到75%,环保投资在规模收益上都是合理的。

现阶段,随着环境保护问题逐渐得到陕西省政府的重视,在环境保护、环境污染治理方面的投入增加,产业规模不断扩大。但是,并不是规模越大就意味着对环境保护的效果越好,随着对环保投入的增加,规模报酬并不是一成不变的,规模收益递减阶段环保中的投资失去了其应有的价值。因此,环保投入的增加只能遵循适度原则,应鼓励高校、科研机构根据陕西省的实际情况进行调查,并进行有针对性的研究,增强环保科技的研发力度,使环境保护高效、可持的发展。

从技术效率看,技术效率达到最佳和有效状态(技术效率为1)的有2002、2004、2005、2006、2008和2009年,占75%。反映出随着陕西省2003年国家环境保护模范城市工作和2008年“四城联创”工作战略的实施,2004和2009年的环保投资均有大幅度增加,技术效率也从上年的非最佳和有效状态变为最佳和有效状态。这说明这些年陕西省开始重视环保投资及其管理,使得陕西省环保投资绩效明显提高,这为陕西环境保护提供了良好的基础条件。陕西省环保投资绩效水平已处于最佳和有效状态,即要保持现有产出水平投入不能减少。

2003和2007年没有达到技术最佳和有效状态

(技术效率 <1),其环保投资绩效没有达到生产的前沿面,即有多余的投入或不足的产出。这说明目前对环保投资的管理还做得不够,环保资源的利用效率还有一定差距。在这两年中,2003年是由于陕西省在环境基础设施方面欠账太多,虽然这年的环保投资比上年有一定的提高,但技术效率还是没有处于最佳和有效状态。因此,陕西省应建立一套规范、严格、操作性强的管理模式,尽快组织制定环保投资法规,以法律形式规范环保投资管理体系。再者,还应加强环保投资的监管,发挥好环保投资在环境保护过程中的积极作用。

从投入方面看,环保投资在2003和2007年出现了冗余,冗余额分别为0.585和18.828亿元。这两年环保投资增长幅度相对较大,表明环保产值的增长过多地依赖资本和劳动的过量投入拉动,资金人员并没有发挥其应有的作用。这两年的规模收益值和技术效率值均 <1 ,说明这些冗余是低层次的冗余,环保资金没有充分发挥作用。这两年均出现了水利、环境和公共设施管理业从业人员数的冗余,并且冗余额相对较多,过多的人力资源冗余使成本增加,资源争夺激烈,从而使环保投资绩效下降。

因此,陕西省应在重视环保人员数量的同时对环保人员水平和层次的提高给予关注。应依托高校和科研院所众多的优势,推进大学尤其是研究生院的建设,在大学中增设关于环保的学科、课程,推进大学和科研院所关于环保问题的研究。进一步完善各级各类的保障政策,保护环保科技研发、技术创新的知识产权为研发活动的有效运行创造必要的环境和条件。

废水治理设施数总数也在这两年出现了冗余,其中2007年冗余额较多,主要与基础设施的盲目建设有很大关系,陕西省应考虑到其实用性和必要性,统筹考察自然、人文等因素后再建设,而不是仅盲目追求数量。

从产出方面看,出现“产出不足”主要是“三废”综合利用产品产值“产出不足”,也就是间接成果“产出不足”。“三废”综合利用产品产值不足的年份有2003和2007年,其中2007年与最优目标值差的比较多,达到42208.005万元。直接成果“产出不足”方面,工业废水排放达标量2003年出现了产出不足。产出不足的这些年规模效率和技术效率均 <1 ,这说明产出不足影响了规模效率和技术效率的有效性。

陕西省工业废水排放达标量的“产出不足”比

较少,这与陕西省近年来比较重视环境保护是对应的,“三废”综合利用产品产值“产出不足”比较多,主要原因在于环保投资尚未充分发挥,未能有效地为经济发展和社会进步做出贡献。

现阶段,陕西省还是以实施严格的排放标准和总量控制措施为标志的环境污染控制为目标导向的环境管理。当前,陕西省污染问题大有好转,应在进一步强化污染控制的基础上,积极探索污染控制与质量改善兼顾的环境管理新模式,以环境质量管理“倒逼”经济发展方式转变,实现以环境保护优化经济,推进经济发展和社会进步。

5 结论

通过对 DEA 分析指标体系的构建和模型的建立,对 2002~2009 年陕西省环境保护方面投入产出的规模效率、技术效率做出测算和评价,对环境保护的综合效率及变化趋势进行分析,实证分析结果表明,陕西省环保投资绩效近 8a 中技术效率的均值为 0.985,其在规模效率上处于规模合理或规模递增阶段占 75%,在绩效水平上处于最佳和有效状态的阶段占 75%。说明陕西省环保投资绩效保持在一个较好的水平,但还没有充分发挥作用,环保投资对经济发展和社会进步的贡献偏低,人才队伍建设力度水平亟待提高。陕西省政府可采取一些措施使陕西环保绩效进一步提高。

数据包络分析法只提供相对性的效率评估,被定为效率为 1 的决策单元只是相对效率,而非绝对的绩效,并不一定达到最优。此外,上述结论是根

据 2002~2009 年的统计数据比较的结果,如果采用其它年份的统计数据进行评价,或加入其它省份进行比较,也许会产生不同的结论。由于受统计数据及模型运算难度的限制,本文选择的指标体系虽然具有一定的代表性,但并不是很完备。

环保投资绩效分析还没有形成比较完善的分析模型,建议采用多种模型和方法,从多种角度对环保投资绩效进行分析。此外,为了更好地开展环保投资绩效分析工作,应加强环保指标的统计和环保统计数据的共享,为环保投资绩效提供数据基础。

参考文献:

- [1] 董小林. 环境经济学(第二版) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [2] 魏权龄. 数据包络分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 李忠福. 基于 DEA 方法的我国基础设施投资绩效评价: 2003-2007 年实证分析 [J]. 系统管理学报, 2009, (6): 309-314.
- [4] 崔治文. 基于 DEA 方法的山西省基础设施投资绩效评价 [J]. 会计之友, 2012 (7): 35-37.
- [5] 董小林, 宋赫等. 区域环境经济指标体系的构建 [J]. 长安大学学报(自然科学版), 2008, (1): 87-90.
- [6] 戴淑庚. 风险投资对我国高科技产业发展的绩效研究——基于 DEA 方法的区域比较视角 [J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2010 (6): 43-50.
- [7] 刘丽秋, 刘璐. 区域环保投资 DEA 相对有效性分析 [J]. 天津大学学报(社会科学版), 2000, (3): 61-63.
- [8] 孙玥璠. 基于 DEA 模型的中国企业 ERP 投资绩效评价研究 [J]. 上海经济研究, 2007, (5): 92-98.
- [9] 董小林, 周晶. 区域环境治理投资结构分析 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2008, (4): 295-299.

A DEA Empirical Analysis on Performance of Environmental Investment in Shaanxi Province

ZHAO Zhi-hua¹, DONG Xiao-lin²

(1. School of Politics and Administration, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710064 China)

Abstract: In order to optimize the structure of the investment in environmental protection and the efficient use of the environmental protection investment, the empirical analysis of the environmental protection investment in Shaanxi Province during 2002-2009 is conducted by means of the data envelopment analysis (DEA). It shows that the technical efficiency of its investment is an average of 0.985, 75% of the investment attains a reasonable scale efficiency, or with an ascending scale. The investment with an optimum and effective technical efficiency also accounts for 75% of the total investment. Therefore the performance of the environmental protection investment of the province is maintained at a good level. However, its full advantage is yet exerted, with its low contribution to the socio-economic development. The capacity building is in an urgent need. Shaanxi Provincial Government could take some measures to improve its environmental performance.

Key words: environmental investment; DEA; scale efficiency; technical efficiency; Shaanxi Province

环境保护与公众参与

曹冬梅

(十堰市应用科技学校, 湖北 丹江口 442701)

摘要:从公众言语的起源和内涵出发, 分析了我国公众参与在环境保护中存在的主要问题, 提出了健全和完善环保法律、法规等相对应的对策建议。

关键词: 公众参与; 环境保护; 问题; 对策

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 01 - 0022 - 03

我国经济在持续高速增长的同时, 也面临着巨大的环境挑战。环境是我们人类共同的财产, 保护环境不能仅仅依靠政府和企业, 特别是对于人口众多的中国, 要“依靠群众, 大家动手”。2006年2月22日, 国家环保总局正式发布《环境影响评价公众参与暂行办法》, 这是中国环保领域的第一部公众参与的规范性文件。我国部分发达地区的实践也表明: 预防和保护环境的有效措施是完善公众参与制度, 鼓励公众的广泛参与。

1 公众参与的起源及涵义

公众参与最早起源于古希腊雅典城邦, 不过, 真正在立法中将公众参与作为一项法律原则确立下来, 最早可以追溯到公元前5世纪古代雅典的公民大会。公众参与的概念和理论大约是20世纪90年代开始传入中国, 并逐步升温, 特别是2003年以后发生的一系列的公众强烈要求参与的事件, 使公众参与越来越成为中国的社会热点。

公众参与在我国理论的研究比较缺乏, 使用的公众参与概念是模糊而缺乏科学性的。原国家环保总局副局长潘岳认为, 公众参与是指群众参与政府公共政策的权力。在环境保护领域, 公众参与原则正式形成于20世纪60年代的美国, 1969年美国在其《国家环境政策法》中明确规定了公众有参与环境政策制定和决策的权利。

2 我国环境保护中的公众参与存在的问题

2.1 环境参与意识、环境知识水平低

近年来, 我国在发展经济的同时, 通过各种途径和手段来提高公众的环境意识, 公众环境意识有了明显的提高, 但仍处于较低水平。在2010年中国公众环保指数中, 73.2%的公众在经济发展和环境

保护中会优先选择环境保护, 但是公众的环保意识表现不一, 人们的高环保意识主要集中在家庭生活层面, 如将生活垃圾分类、节约水电等, 在办公场所和社会参与层面的环保意识相对较低。民生指数2006还显示, 公众的环保意识总体得分为57.05分, 环保行为得分为55.17分, 环保满意度得分为60.20分, 两项不及格和一项刚过线的尴尬分数为中国公众的环保意识与行为又敲了一次警钟。

2.2 环境信息公开不充分

环境信息公开是公众参与环境保护的前提。如果没有相应的环境信息, 公众参与环境保护就无法进行, 公众即使参与也是盲目地参与。2008年5月1日开始强制环保部门和污染企业向全社会公开重要环境信息, 为公众参与污染减排工作提供平台。目前在我国公众实际获得环境信息主要存在两个问题:

(1) 环境信息缺乏透明性。尽管《环境信息公开办法(试行)》规定了17类公开内容, 但具体到操作时, 随意性比较大, 主动公开的信息范围实际上并不明确, 受到了很大的限制。我国的环境信息主要由国家机关主动公布, 这种单向的公开环境信息形式难以有效保障公众环境知情权, 政府掌握着环境信息公开的主动权, 仅公布对自己有利的资料, 从而使公众环境知情权不能有效地实现。2011年2月27日, 北京师范大学历史学院博士生毛达, 向环保部申请公开该部2006~2008年开展的“全国持久性有机污染物调查”结果, 但是此申请被拒绝, 理由为所申请信息为该部“内部管理信息”, 不属于公开信息范围。

(2) 环境信息过于专业化。2010年环保部在网上公开了《第一次全国污染源普查公告》, 在公告中提到“1434家医院拥有医用电磁辐射设备2073

台”等,但没有更详细的地区分布、具体位置。这样的信息,对于没有专业知识的公众而言,根本无法判断环境是在恶化还是在好转,更别提公众依靠这些信息去与排放污染的企业进行协商或者谈判来保护自己的环境权益。对于缺乏专业知识的公众而言,他们关心的是这些数据与身体健康到底有没有关系,这才是政府和企业公布各类环境信息的目的。如日本福岛核电站危机发生后,我国每天公布各地环境中放射物质检测数据,并告知公众相关数据对公众健康有无影响,是否需要采取防范措施。如果所有的环境信息公开都能做到这样的程度,公众的知情权、环境权应当能得到很好的保障。

2.3 公众参与形式单一,作用有限

我国的公众参与方式主要有:网上公示、张贴公告公示、听证会、座谈会、问卷调查等,只有少数项目召开听证会。即使是听证会或座谈会,与会人员的人数会受到限制,并不是所有的公众都有发言的权利。公众参与座谈会或听证会大多数是被动的,而且大多是末端参与,使公众自身权益受到很大的影响,最后意见是否被采纳决定于决策者,座谈会、听证会最后往往流于形式。

2.4 公众参与保障措施缺乏,缺乏法律程序保障

从立法角度看,我国公众参与环保方面的法律比较多,相关的法律过于原则和抽象,可操作性有待于提高,需要进一步完善与细化。在现实生活中,公众一旦遇到具体的环境问题,不知道应该用何种方式参与,公众参与环境保护的权利在参与的具体方式、程序上还缺少明确细致的法律规定。

3 我国公众参与环境保护的对策

3.1 健全和完善环保法律、法规

我国现行环境立法中确立了“预防为主、防治结合”的原则,“预防”是环境保护第一位的工作。但是我国现行的环保法律多注重末端控制和管理。我国环保立法应该借鉴国际上环境立法的经验,对企业生产全过程进行监督管理,通过立法的形式,制定适合我国国情的循环经济法律,从而减少污染物的产生。我国现行的《环境保护法》已不能适应中国环保事业发展的需要,在一些新的领域、新的行业出现的新的问题,存在着无法可依的情况,所以修改《环保法》刻不容缓。

3.2 普及环境教育,提高公众环保意识

环境保护是一项全社会的事业,需要全社会的共同参与。呼吁全社会对环境的重视,关键是加大环保宣传教育,让环境意识深入人心。

首先,应加强对各级领导的环境教育。各级领导的道德观直接影响环境工作的发展决策。我国地方政府不能单纯地以经济指标作为唯一的绩效考核指标,片面追求经济效益,而忽视环境保护。环保部门应配合政府部门,把环境教育列入干部培训计划,或在各级党校开设环境教育课程,以提高干部的环境素养,增强“绿色”决策能力水平,形成一套环保系统的新思想和新思路。

其次,应发挥学校在教育中的作用。“万丈高楼平地起”,环保教育要从孩子抓起,应在中小学设置环境课程,通过各种环保活动提高学生的环保意识,普及环境教育知识。

第三,应加强大学生的环境教育。在高等院校开设环境教育必修课,同时增加公共选修课中环境教育课程的比重,为不同专业的学生在以后的工作中渗透环保理念、融入环保思想打下基础,从而带动全民环境道德素质的提高。

3.3 加强大众传媒的宣传监督作用

前国家环保局局长曲格平曾说过:没有新闻单位的大力宣传报道,就没有中国的环保事业。大众传媒应设置环保专栏,普及环保知识;利用网络平台和手机平台开展动态宣传,定期举办环保新闻发布会。大众传媒还要发挥舆论监督作用。在现实生活中,一些企业不怕上级领导批评,也不怕执法部门罚款,却害怕新闻媒体将其对环境污染的行为公之于众。对于违法的企业而言,大众传媒可造成强大的社会舆论压力,促使其加大环境污染治理的力度。从这个意义上来说,新闻媒体已成为环保部门最有力的“盟友”之一。

3.4 充分发挥非政府组织的作用

环保非政府组织在我国环境保护方面发挥了不可替代的作用,逐渐成为公众参与环境保护的直接方式。

(1) 发挥政府与社会桥梁和纽带作用。环保非政府组织可通过建立信息环境网站、举办讲座、开展环保公益活动等形式,搭建起政府与公众交流的平台,保障公众对环境的知情权、参与权和监督权,并把公众的建议意见反馈给政府,起到下情上达、帮助政府与公众之间建立良性互动的伙伴关系的作用。

(2) 维护公众的环境权益。目前,我国环保非政府组织在环境公益诉讼实践中发挥了积极作用。如为环境污染受害者提供免费的法律援助,维护公众的环境权益;通过提出法律建议等各种途径,参

与环境立法,推动环境相关法律和政策的完善等。

参考文献:

- [1] 李艳芳. 论公众参与环境影响评价中的信息公开制度 [J]. 江海学刊, 2004, (1).
[2] 宋国君, 王小艳. 论中国环境影响评价中公众参与制度的建设

[J]. 上海环境科学, 2003, (3).

- [3] 赵俊. 论我国环境法公众参与制度的缺陷及其完善 [J]. 环境科学与技术, 2005, (2).
[4] 任庆. 论我国公众参与制度的完善 [J]. 江西社会科学, 2006, (5).

Environmental Protection and Public Participation

CAO Dong-mei

(Applied Technology School of Shiyan Municipality, Danjiangkou Hubei 442701 China)

Abstract: From the origin and connotation of the word “public”, the author analyzes the major problems related to the public participation in the environmental protection in China. It is suggested to improve the environmental laws and regulations.

Key words: public participation; environmental protection; problem; countermeasures

《环境科学导刊》征稿简则

《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》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、层次按国家标准用阿拉伯数字连续编号;
5. 严格按《中华人民共和国法定计量单位》标称, 表达量值时一律使用国际符号;
6. 附图及图内文字、字母、数字等均清晰、规范;
7. 参考文献标注齐全。

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

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊 (遴选) 数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库 (全文版)》、《教育阅读网》等。所有被本刊录用并发表稿件文章, 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

浅述环境影响评价在建设项目环境管理中的作用

王 伟, 黄志民

(泰兴市环境科学研究所, 江苏 泰兴 225400)

摘 要: 论述了环境影响评价在建设项目环境管理中的作用, 认为环境影响评价在项目环境管理中具有不可替代的作用。

关键词: 环境影响评价; 环境管理; 作用

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 01 - 0025 - 02

环境影响评价是对规划和建设项目实施后可能造成的环境影响进行分析、预测和评估, 提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施, 进行跟踪监测的方法和制度, 是 20 世纪 70 年代开始的一门为环境保护而兴起的学科; 环境影响评价主要分为三个层次: ①现状环境影响评价。在项目已经建设、稳定运行一段时间后, 产生的各类污染物达标排放, 与周围环境已经形成稳定系统, 根据各类污染物监测结果来评价该项目建设后对该地域环境是否产生影响, 是否在环境可接受范围内。②环境预测与评价。根据地区发展规划对拟建立的项目进行环境影响分析, 预测该项目建设后产生的各类污染物对外环境产生的影响, 并作出评价。③跟踪评价。主要是针对大型建设项目和环评规划, 在建设过程中或者建设后项目实施过程中进行跟踪评价, 当项目出现了与预定的结果较大的差异时必须改进的一种评价制度, 跟踪评价是现阶段环境管理的重要手段之一。

建设项目环境管理是从源头控制污染, 防止建设项目环境管理中产生新的污染, 破坏生态环境的一种手段, 也是一种体系运行过程; 建设项目环境管理中通常运用环境影响评价和“建设项目环保设施三同时竣工验收”来进行项目管理, 其中环境影响评价贯穿于整个项目环境管理之中, 是环境管理的重要手段, 具有不可替代的作用, 可认为环境影响评价在环境管理中主要有以下几点作用:

(1) 环境影响评价是对传统环境管理方式的

重大改革

传统的环境管理是以经济决定上层建筑, 走“先污染、后治理”的道路, 认为等经济发展到一定的时候, 再去治理环境。这种方式以经济发展为中心, 甚至以牺牲环境为代价, 掠夺环境资源获得高速的经济发展。这是对国家、对人民、对环境的极端不负责。拿“上杭县紫金矿业”来说, 紫金铜矿湿法厂发生的铜废水污染就是环境管理问题造成的, 企业没有认真地去设法处理产生的铜酸废水、建设基础设施、建立环境应急防范措施等, 只是追求利润最大化, 造成了重大事故后才重新进行环境影响评价并建设相关设施来加强管理。环境影响评价是对项目实施可能产生的环境影响进行预测和评估, 提出减少环境污染的方法和手段。在项目建设之前, 环境管理者通过环境影响评价能充分认识到环境与项目建设的关系, 认识到环境与人类存在的相互纽带关系, 认识到有些项目是不能建设的, 建设后不但会破坏人类的居住环境, 同时还会破坏生物资源和生存方式, 造成环境灾难。实施了环境影响评价制度后, 环境管理者可以有效地将环境管理、经济发展、环境现状有机地统一起来, 确保人类的可持续发展, 同时更能提高环境管理水平。

(2) 环境影响评价能为环境管理部门提供科学依据

环境影响评价文件分为规划环评和建设项目环评, 它们均可为环境管理部门提供可靠的环境管理依据。

以“太湖蓝藻”事件为例, 在最近 20 年中太湖流域经济高速发展, 到 2006 年无锡 GDP 已经超过 3300 亿人民币, 是 1989 年的 30 倍左右。而区域发展以化工、电镀、印染等高污染行业作为太湖地区主要支撑产业, 在追求利润最大化的同时大量

收稿日期: 2012 - 06 - 27

作者简介: 王伟 (1974 -), 男, 汉族, 江苏泰兴人。本科学历, 环境咨询高级工程师、国家环境影响评价工程师、国家注册清洁生产审核师。曾获得国家教育部科技进步二等奖, 泰州市科技进步二等奖, 泰兴市科技进步二、三等奖等。主要研究方向: 环境监测、环境评价。曾发表论文 11 篇。

含高浓度 COD、氨氮、总磷污染物的废水相继进入太湖，造成太湖水的富营养化，结果是大量的蓝藻爆发、水质严重恶化、鱼类大量死亡、生活饮用水无法保障，直接损失达几千亿元。根据相关资料统计分析，太湖水质恢复 GB3838 - 2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水可能要十年以上。究其原因，从表面上看是大量企业排放污染物造成的，然而事实是随着太湖流域城市化进程加快和工业企业的高速发展，太湖流域没有建立统一的流域环境影响评价规划。事情发生后，太湖流域管理机构进行了太湖流域环境规划评价，制订了太湖流域污染物排放标准（提高部分污染物排放因子标准），根据环境影响评价文件设立污染物排放总量，引用环境影响评价文件提出的搬迁流域内化工、电镀、印染等高污染行业等相关方法，让太湖休养生息，恢复太湖的自净能力。从中可以看出，环境管理部门可以通过环境影响规划评价，掌握区域的环境特征和环境容量，采用科学的环境管理方法和手段，确保环境管理水平的提高。

同样环境影响评价也能为建设项目管理制定可行的环境保护对策、按行业科学管理提供依据。通过环境影响评价，可以获得应将建设项目的污染和破坏限制在什么范围和程度才能符合环境标准要求的信息和资料，据此，提出既符合环境效益又符合经济效益的环境保护对策，并在项目设计中体现，使建设项目的环保措施和设施建立在较科学可靠的基础上。更为完善的是根据环境影响评价文件中提出的“三废”处理方案和处理设施，环境部门可以较早地在项目建设过程中就进行“三废”处理设施建设的“三同时（指三废处理设施同时设计、同时施工、同时运行）”监督和指导，确保项目运行后该“三废”处理设施按时、按质、按量建设完成。

(3) 环境影响评价制度可以调动社会各方面的积极性，集思广益，为环境管理者提供技术支持

环境影响评价是一门综合性学科，国家人事部启用职业资格考试来确保环境影响评价从业人员的高素质。这些从业人员熟悉国内外环境保护的相关政策、法律法规和发展趋势，特别是科研院所和高等院校，由于具备较齐全的实验测试条件，容易保证评价的科学性；工程设计单位由于熟悉国内外该类工程项目的发展水平和发展趋势，能有针对性地提出综合治理对策，做到技术、经济上的可行、合理。因此，在完成相应的项目工作中可以针对性地提出项目环境污染的治理方案，做到技术、经济的可行、合理，督促项目建设方从环境管理角度去进行环境规划和建设，为环境管理提供可靠的技术支持。

环境影响评价是贯彻我国环境保护中“预防为主”的方针、控制环境污染的方法，是对传统环境管理工作的重大改革，同时环境影响评价文件可以给环境管理部门提供科学、合理的项目选址、工艺生产过程、“三废”处理设施及效果、污染物排放总量、清洁生产、公众参与等分析结果；根据环境影响评价文件，环境管理部门可以找到环境保护与项目建设的统一结合点，得出项目建设后区域环境容量承载力与项目环境排放问题结果，最终判断项目建设是否具有环境可行性。因此环境影响评价在项目环境管理中具有不可替代的作用。

参考文献：

- [1] 国家环境保护局监督管理司. 中国环境影响评价 [M]. 北京：化学工业出版社，2000.
- [2] 吴忠标. 大气污染控制工程 [M]. 北京：科学出版社，2002：376 - 390.

Role of Environment Impact Assessment in Environmental Management of Construction Project

WANG Wei, HUANG Zhi-ming

(Taixing Institute of Environmental Science, Taixing Jiangsu 225400 China)

Abstract: This article discusses the irreplaceable role of the environmental impact assessment in the environmental management of the construction project.

Key words: environmental impact assessment; environmental management; role

浅谈如何加强兰坪矿山生态环境保护

陈春, 和杏丽

(兰坪县环保局, 云南 兰坪 671400)

摘要: 介绍了兰坪矿山的基本情况, 分析了矿山生态环境破坏类型和保护与治理存在的问题, 提出了对策和措施。

关键词: 矿山生态; 环境保护; 问题; 对策; 兰坪

中图分类号: X75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0027-02

1 兰坪矿山基本情况

兰坪深受三江地槽系的构造影响, 以凤凰山铅锌矿和澜沧江铜矿带为核心, 形成世界著名的特大型三江成矿带。有色金属资源种类多、分布广、储量大, 被誉为“有色金属之乡”。到目前为止, 初步查明的有 220 个矿床(点), 其中大型 4 个、中型 8 个、小型 10 处、矿化点 62 处, 矿点 136 处。按金属元素分有铅锌矿床(点) 20 个、铜矿床(点) 94 个、多金属矿床(点) 26 个、汞矿床(点) 14 个、铁矿床(点) 15 个、锑矿床(点) 6 个、铋矿床(点) 3 个、硫铁矿床(点) 1 个, 还有开采历史悠久的盐矿, 盐矿在 8 个乡镇均有分布。已探明的储量为铅锌金属量 1612.416t、铜金属量 46.96t、银 3939.12t、铋 734.55 万 t、盐 1970 万 t、石膏 14652.5 万 t。

兰坪县对有色金属开采利用历史久远, 早在元代公元 1250 年, 兰坪就盛产白银和铜, 云南史料中有“富隆厂、回龙厂、玉龙厂, 三厂炉火三厂银”的记载。新中国成立后, 兰坪县在矿产开发上, 经历了“大炼钢铁铜”、“国营、集体、个人群采”, 资源浪费大, 对地质、生态环境破坏严重, 环保历史欠账多。经近 10a 来的规范整顿, 矿山开采已逐步进入规范化。

目前正常开采的矿山的基本情况: ①金顶凤凰山矿区: 矿区位于县城驻地南 6km 处, 主要包括后南场、架崖山、北场、跑马坪等, 面积大约 15km², 主矿区面积约 815km², 探明的铅锌总储量为 1439 万金属 t, 其它金属如银、铋、镉、铊等储量为 73 万 t, 总金属储量达 1500 多万 t; ②通甸菜籽地矿山: 矿区位于通甸镇下甸村委会内, 已探明的铅锌金属储量 5.58t; ③中排李子坪铅锌矿床: 矿区位于中排乡李子坪村附近, 已探明铅锌金属储量近 10 万 t; ④营盘金满铜矿: 矿区始采于 1987

年, 经历了由群采到营盘镇矿管会统一管理到目前由兰坪县铜矿厂统一经营的过程; ⑤其他矿山: 其它开采的矿山还有金顶来龙铅锌矿、通甸麻栗坪铅锌矿、河西区吾银矿、河西碳酸锑矿、石登罗多鲁灰锑矿、营盘黄柏铜矿、啦井盐矿, 有的已停采或生产极不正常, 如河西碳酸锑矿、石登罗多鲁灰锑矿、营盘黄柏铜矿、麻栗坪铅锌矿等。

2 矿山生态环境破坏类型

占用土地、破坏植被。矿山不仅大量占用了土地、破坏了植被, 同时也使地形、地貌受到损害, 周围自然景观遭受不同程度的影响和破坏。

存在崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害隐患。县内多数矿山生产是本地的优势产业, 多数矿山生产存在边坡高、坡角大、废渣无序堆放、采场不平、边坡未作处理、井口未封闭等问题, 少数矿山曾发生崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。

粉尘污染较严重。露天开采矿山目前在爆破、破碎、装卸与运输途中, 普遍有粉尘污染和噪音。少数选矿厂有尾矿外泄和废水流失现象, 导致下游河水污染变质, 危及人畜安全。

3 矿山自然生态环境保护与治理存在的主要问题

(1) 矿山作业不规范, 安全隐患多, 地质灾害日趋严重。兰坪县露天开采矿山, 多数未完成阶梯式分层开采, 老矿山生产年长日久, 边坡普遍过高, 坡角过大, 对边坡危石、浮石缺少必要处理, 固体废渣任意堆放, 导致边坡失稳, 诱发崩塌、滑坡、泥石流等突发性地质灾害; 少数废弃矿井(洞)井口未封闭, 有的企业和个人在高陡边坡下修路、建房, 留下严重安全隐患。

(2) 采矿工艺落后, 资源浪费严重。有的石材矿山目前仍采用炸药爆破法采矿工艺, 所采矿石荒料块度小、成材率低、经济效益差; 生产不规范、废石与废渣无序堆放, 资源浪费现象严重。

(3) 矿山布局不合理, 生态环境恶化, 影响城镇景观与人居环境。

4 对策及措施

(1) 建立完善矿山生态建设和环境保护的监管体系,规范矿业活动,减轻矿业活动对自然环境的影响和破坏。

(2) 加快调整矿山布局,有计划地关闭自然保护区、矿产资源禁采区、重要基础设施工程保护区周边和城镇周边的矿山。开展矿山生态环境综合治理,加强对上述保护区内关闭矿山的生态环境恢复治理,全面改善和提高矿山生态环境质量。

(3) 加强矿产资源的合理开发利用和保护,提高资源综合利用水平,建设资源节约型、生态保护型城市,坚持以人为本、可持续发展的科学发展观,开创符合“生态立县、创业兰坪”要求的生态环境新局面。

(4) 全面执行矿产开采环境影响评价制度,规范矿山生产操作规程,完善矿山开发利用方案与矿山生态环境保护治理方案,积极推广无粉尘的“绿色生产”新工艺和建设生态型“绿色矿山”。

(5) 逐步建立与生产规模相配套的矿山生态环境保护基础设施,矿山“三废”排放与治理达到国家标准。

(6) 全面推行采矿企业生产环境保护准入制度和矿山环境治理备用金征收制度,实行以法治矿、以矿养矿,推进环境保护与治理,提高国土资源对经济社会可持续发展的保障能力。

(7) 新建矿山和生产矿山要严格执行建设项目环境影响评价制度和地质灾害危险性评估制度,编制矿山自然生态环境保护与治理方案,按不低于治理费用原则缴纳矿山自然生态环境治理备用金,对拒不缴纳或无能力缴纳矿山生态环境治理备用金的矿山予以关停,并依法追究经济责任。

(8) 大力鼓励矿山闲置土地的开发利用,在出让矿山闲置土地过程中,要按“谁受益、谁治理”的原则,按有关规定对受让者收取出让金,并将部分或全部资金直接用于该矿山的环境治理。

(9) 大力推动市场化运作模式。一是将矿山生态环境治理与土地整治、工业园区建设相结合;二是边开采边治理,把矿山整治与采矿权有偿使用相结合,通过剩余矿产资源采矿权的市场化配置,解决治理经费不足问题。

(10) 从采矿权出让所得和有关部门的行政事业性收费中提取一部分资金用于矿山生态环境治理;列入县财政支出年度预算,建立矿山生态环境治理专项资金。同时积极争取省级财政支持。

(11) 加强宣传,增强全民资源环境保护意识。良好的生态环境是社会生产持续发展和人们生存质量不断提高的重要基础。我们应通过各种媒体和活动,向人们进行国土资源基本知识、基本国情和相关的法规政策宣传,加强“人口、资源、环境”基本国策教育,建设资源节约型和生态保护型社会。对采矿权人和矿山作业人员进行定期的相关法律法规和矿山生态环境保护知识的培训,使其尽快转变重开发、轻保护,重效益、轻环境的旧观念,树立资源开发利用与自然生态环境保护并重的意识。要对矿山生态环境防治先进典型进行表彰,对破坏矿山生态环境的行为依法处理。

(12) 加强科技投入,抓好矿山环境治理示范工程建设。在矿山生态环境恢复治理中,根据矿山所在地理位置、治理功能,应用科技手段,选择有代表性的废弃矿山作为示范工程重点进行治理,

(13) 严格执行治理工程项目竣工验收标准和制度。应及时做好矿山生态环境治理恢复工作,开展以复垦还绿为主的生态综合治理,制定相关制度和标准,加强矿山生态环境治理方案执行和治理工程项目竣工验收检查。使矿山治理工程达到安全、合理、经济、有效的目的。

5 结论

矿山生态环境保护必须坚持矿产资源开发利用与生态环境保护并重的原则,实施矿产开发与环境保护相协调的战略。矿山生态环境保护和次生地质灾害控制以预防为主,防治结合。建立矿山生态环境动态监测体系,强化监督管理。严格执行环境影响评价和地质灾害危险性评估制度、“三同时”制度、土地复垦制度和排污收费制度。积极推进矿山生态环境综合治理,改善矿山生态环境状况。

参考文献:

- [1] 魏风华. 解决矿山生态环境保护问题的对策建议 [J]. 中国国土资源经济, 2005, (2).
- [2] 赵力强. 矿产资源开发利用中的矿山生态环境保护 [J]. 资源·产业, 2004, (2).

A Study on Strengthening Ecological Conservation of Mines in Lanping

CHEN Chun, HE Xing-li

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

Abstract: After a general introduction about the mines in Lanping, this article analyzes the types of its ecological destruction, and the problems in its conservation and treatment, and puts forward the countermeasures.

Key words: ecology of mines; environmental protection; problem; countermeasures; Lanping

滇池沿湖地区农田污染生态控制关键技术研究

杨育华¹, 和兰娣¹, 支国强¹, 刘滔¹, 毕金²

(1. 昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650032; 2. 云南垚森环保科技有限公司, 云南 昆明 650032)

摘要: 针对滇池沿湖地区农田面源污染的特点, 结合种植生产实际情况, 在分析已有研究成果的基础上, 按照源-流-汇系统控制的思路, 在滇池沿湖地区开展了大颗粒肥料加工施用技术; 生物覆盖保护性栽培技术; 沟-基-塘系统三项试验研究。实验表明生态控制技术对农田地表径流污染综合负荷 TN、TN、COD_{Cr} 和 SS 的平均去除率分别达到 54.14% ~ 59.78%、66.86% ~ 69.45%、42.20% ~ 62.74% 和 48.83% ~ 76.41%。生态控制技术的集成研究应用对于滇池沿湖地区生态农业发展和农田面源污染防治具有良好的作用。

关键词: 农田面源; 生态控制; 大颗粒肥料; 保护性栽培; 沟-基-塘系统; 滇池沿湖

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0029-04

农田面源污染具有随机性、复杂性等特点, 也是造成湖泊富营养化的主要原因, 更是威胁饮用水源安全的关键因素。农田面源污染是由于不科学的种植生产而引发, 污染物在水动力作用下以径流方式最终进入湖库等水体。按照源-流-汇体系划分共可分三个过程: 一是源头化学肥料、农药大量施用, 污染源强剧增超过土壤消纳能力; 二是高复种指数下产生的农业固废难于实现合理还田利用流失污染严重, 以及土壤人为扰动过于频繁, 农田土壤肥力下降和生态功能退化, 保肥保水能力降低, 氮、磷流失加重; 三是破坏农田沟渠、地埂等生态缓冲带造成农田生物多样性锐减, 田头或田间缓冲、拦截功能丧失, 氮、磷污染物极易入河湖, 造成水体污染。鉴于此, 本文按照生态学理论, 结合近年来在湖库地区实施的技术研究成果, 在已有农田面源污染产生、输移和流失主要过程的研究成果的基础上, 通过控源技术、过程调控技术、末端强化技术的研究试验, 旨在解决农业种植增收、发展生态农业和保护水环境之间的矛盾。

1 研究背景

1.1 农田面源污染防治现状

对面源污染, 国际范围内仍然缺少有效的控制和监测技术, 在控制上采用源头控制策略; 在监测

上则强调因地制宜, 而没有标准方法。在进行农田面源污染控制上, 主要是在全流域范围内广泛推行农田最佳养分管理 (best nutrient management practice, BNMP)^[1], 目前发达国家对农田面源污染主要控制技术有: ①农田最佳养分管理; ②有机农业或综合农业管理模式; ③等高线条带种植; ④农业水土保持技术措施。同时制定和执行限定性农业生产技术标准, 包括: ①对水源保护区、水源涵养地的轮作类型的限定; ②对水源保护区、水源涵养地肥料类型、施肥量施肥方法的限定。为保证限定性农业生产技术标准的科学性和合理性, 欧洲自 20 世纪 80 年代末以来启动了一系列的科研行动计划, 在各地进行了大量相关试验研究^[1], 在扎实的研究基础上, 发展环境友好的农业生产技术, 通过技术层与政策层的结合, 实行全流域 TN、TP 控制, 削减农业面源污染排放量。与此同时, 为定量研究非点源污染负荷量及其比重、以及预测不同控制措施的效果, 20 世纪 70 年代提出了一些较为复杂的模型, 如著名的 SWMM、STORM、ARM、SWAT 模型等^[2]。

20a 来, 发达国家在农业面源污染治理上主要通过源头控制, 对农田面源、畜禽面源进行分类控制。自 20 世纪 80 年代末以来, 各国流域逐步实施农业投入 TN、TP 总量控制, TN、TP 化肥用量分别下降了大约 30% 和 50%, 氮、磷化肥用量的大幅度下降使得农业面源污染得到了有效控制^[1]。

我国从 20 世纪 80 年代以来, 逐渐认识到面源

收稿日期: 2012-07-05

基金项目: 国家重大水专项资助项目 (2009ZX07102-004)。

作者简介: 杨育华 (1976-), 男, 云南昆明人, 工程师, 主要从事环境生态及农村面源污染防治研究。

污染的危害,在城市径流和农田面源污染等方面开展了一些研究工作。重点实施了面源污染负荷的定量化研究、治理技术及污染控制管理等。农田面源污染控制研究涵盖了以湖泊(三河三湖,饮用水源地)富营养化防治为中心的精准化平衡施肥、农业固废资源化利用、湿地、保护性耕作等内容,但研究深度和实践与国外都存在巨大差距,面源污染的问题依然突出。

近年来,随着对农村面源污染防治工作力度的不断加大,国内科研院校、企事业等单位开展大量技术研究,部分技术在农业、科技等部门的牵头下已有引进推广和示范,但对我国西南高原地区农村以家庭式小规模经营的现状来说,在面上获得推广应用并不理想,这正是本研究的关键所在。

2.2 滇池沿湖地区概况

滇池位于云贵高原中部,地理坐标为东经 $102^{\circ}29'$ ~ $103^{\circ}01'$,北纬 $24^{\circ}29'$ ~ $25^{\circ}28'$,地处金沙江、珠江和红河三大水系分水岭地带。随着区域社会经济的发展,农业种植模式发生了巨大的变革,沿湖地区农田面积从1980年的6多万 hm^2 ,减少到目前的约4万 hm^2 ;作物由水稻、玉米替换成蔬菜、花卉;种植方式从传统变为了现代设施大棚种植。虽然农田总面积在下降,但农田面源污染负荷仍在增加。农田水肥流失对于昆明这样的高原地区来说一直存在着,历史上主要是以农田地表土壤流失为水土流失的代表,导致土壤保肥、保水及生产能力下降。近年来由于对化学肥料的依赖性增强,加剧了农田水肥流失的强度,造成农田周边或下游水体环境富营养化。自“九五”以来,滇池流域城市面源和工业点源得到有效的控制,而面源污染仍然没有找到实用有效的控制方式,日益严重,给滇池保护带来了很大困难。据相关研究资料估算:滇池农田面源污染TN、TP分别占滇池农村面源污染总负荷的63.56%、38.84%;沿湖地区农田面源污染负荷中TN、TP则占区域农村面源污染负荷的63%、89%,是造成水环境污染的主要原因。

3 关键技术研究

从技术角度分析,农田面源污染防治的环节可归纳为两个方面,一是肥料方面,包括肥料种类、特性,施用方式,耕作等;二是经济实用型防控措施,与末端联合的田头固废处理利用、水肥耦合和

径流生物拦截等。防控技术只有充分考虑沿湖地区农业种植、农作习惯,才具有面上推广的可行性,也才能保证防治效果的真正发挥。

农田面源污染物来源于肥料、农药、除草剂等的施用;大气降水、尘降;灌溉用水以及其间径流(包括地表径流、表层壤中流和过境水),其中某一种或几种污染来源是受区域大环境影响,实现局部地区控制较为困难。农田土壤既是氮、磷等污染物输出的源,又是吸纳、滞留、转移的库(汇),维系良好的农田土壤生态环境质量和肥力水平,是保证农业可持续发展和控制农田面源污染的关键所在。针对当前滇池沿湖地区农田种植生产的情况,在全面分析滇池流域农田区域已有技术研究和示范存在问题的基础上,根据农田污染物输移的源-流-汇规律,以技术的经济实用、操作简单和控制有效为核心,在滇池沿湖的晋宁县上蒜乡上蒜村,采用源头控制、过程调控和末端拦截三种方式进行了20 hm^2 大田综合应用试验(研究周期2009年1月~10月)。

3.1 大颗粒肥控源技术

受经济利益的驱使,沿湖地区农业结构大幅度调整,蔬菜、花卉大棚种植面积已占耕地面积的近90%,同时由于化肥、农药具有使用的便捷性、时效性等客观因素影响,化肥农药不科学施用现象普遍。农田土壤连作障碍问题突显,局部地区已经出现客土事件,严重制约了农业发展和农民增收致富。近年来,虽然局部地区村民已经认识到单一施用化肥带来的问题,转变了施肥方式,采用新鲜畜禽粪便与化学肥料混合施用,但仍然未能达到预期改良土壤质量的效果。

对此,本研究提出大颗粒控失肥料加工及施用技术,其原理是根据不同植物需肥特性和土壤肥力水平,以完全腐熟的农家肥、有机肥料、高浓度复合肥、强吸附性天然矿物粉及硼、锌微量元素等,按照一定的配比混合均匀后,经静压成型法,压制成粒径 $>25\text{mm}$ 的颗粒组合肥料。此种肥料,改变了现有有机肥生产工艺和产品规格形状,增加了肥料的单位密度,降低了肥料水分含量,解决了农家肥施用不卫生、不方便、搬运体积大、难于定量等问题,便于种植生产中的定量施用。产品具有良好的吸水膨胀特性和吸附性,肥料浸入水溶液中完全崩塌时间可以达到15min以上,从而大幅度提高有

机肥施用的缓释和防止流失的效果。

源头控制实验采用同田对比法, 设传统简易施肥和大颗粒肥施用 2 个处理。大颗粒肥料化肥量为传统施肥量的 80%, 等重量有机肥料, 每个处理设 6 个重复, 单个重复试验小区面积为 200m² (小区规格为 10m × 20m), 重复之间留 1.2m 的保护带, 总用地面积为 3000m²; 以青花菜 (品种: 优秀) 作为供试作物, 种植株行距为 0.40m × 0.60m, 青花移栽后 90d 收获, 并采集根区土壤进行检测。

大颗粒组合肥料与传统简易混合肥料施用区相比, 6 个传统施肥小区青花平均产量为 347.85kg, 商品率为 86.4%; 大颗粒肥施用田产量为 364.17kg, 商品率为 92.3%, 说明大颗粒肥料的施用可减少化肥施用强度, 提高养分利用率 10 ~ 20 个百分点, 达到节本增效目的。对比施用前后 2 组 12 份土壤 8h 浸提液总氮、总磷检测值, 结果显示大颗粒组合肥料可减少农田土壤水溶性氮、磷污染物负荷达 10% ~ 30%。表明采用大颗粒对改善肥料特性, 改善植物根区土壤结构, 保水、保肥具有良好效果; 另外大颗粒肥料的应用对于推动秸秆、粪便的产业化发展, 促进生态农业发展, 控制农业固废环境污染都具有重要的作用。

3.2 保护性栽培技术

农田面源污染防治是一项烦琐的系统性工作, 涉及耕作、施肥、除草、灌溉等环节; 同时受气候、土壤等干扰, 因此在不能或难于开展源头控制的情况下, 进行过程调控可以起到良好的作用。保护性栽培技术的核心是定点、定位开挖; 定位除草、生物覆盖 (中耕除草不施用除草剂, 对作物间杂草只割除地上部分, 避免整地翻挖除草, 所除杂草就地覆盖于地表)。

根据保护性栽培的要点, 在晋宁县上蒜乡上蒜村实施, 总面积 2400m², 前茬为小麦。实验选择鲜食甜玉米 (品种: 甜单 6 号) 为供试作物, 施肥量和方法相同, 设常规种植 (CK) 和保护性栽培 2 个处理, 每个处理设 4 个重复, 每个重复小区面积 200m²。采用穴播方式, 每穴播籽 2 粒, 种植密度 300 穴/hm², 种植塘规格 0.20m × 0.25m。玉米播后 30d, 小苗高度平均约 25cm, 杂草高 10cm, 此时只对种植穴内杂草进行手工清除。待玉米苗株高达 45cm 时, 选择晴天对苗间杂草全面刈割, 留

茬高度 3 ~ 7cm, 并及时将刈割下的杂草就近铺撒于地表, 从而大幅度降低对地表扰动, 杂草秸秆的生物覆盖物起到了良好的保墒、遮光、抑草效果; 同时控制农田氮、磷和水土流失。

整个实验期内共采集到农田地表径流水样 4 批次, 共检测 TN、TP、COD_{Cr} 和 SS 4 个指标, 检测结果见表 1。

从表 1 可知, 采用科学的栽培方式对调控农田水肥和水土流失效果可起到显著的作用, 农田径流污染物 TN、TP、COD_{Cr} 和 SS 的平均去除率分别为 59.78%、69.45%、62.74 和 48.83%。

表 1 两种栽培方式农田地表径流水质检测结果 (mg/L)

径流类型	采样时间	TN	TP	COD _{Cr}	SS
常规种植 农田 (CK)	7 月 6 日	5.45	4.66	111.00	8761.00
	9 月 6 日	4.19	8.69	45.50	4.30
	9 月 28 日	2.63	0.55	41.00	7.00
	10 月 11 日	1.66	0.31	38.73	6.67
保护性栽 培农田	7 月 6 日	3.04	0.89	61.50	40.30
	9 月 6 日	2.46	1.35	20.50	3.20
	9 月 28 日	0.49	0.18	12.30	3.00
	10 月 11 日	0.46	0.17	7.20	5.80

3.3 农田末端沟 - 基 - 塘生态技术

国内外大量研究成果显示, 缓冲带 (植物篱、植物带等) 对农田水土和水肥流失具有良好的控制效果, 并能在一定程度上改善区域景观和生物多样性。此类技术的试验和研究主要集中在我国长江中上游干旱河谷区和三峡库区、北方黄土高原水土流失地区, 目前, 等高固氮植物篱技术在四川汉源县、夹江县、犍为县, 云南元谋县都建立了推广试验示范点 (工作站)^[3]。在水土保护的长期实践中, “缓冲带” 可以说是成熟技术的典型, 在控制坡地水土流失、沟道侵蚀、面源污染防治以及保护和恢复生态等方面大显身手^[4]。

近年来, 滇池沿湖地区农田侵占河道、地埂现象较为突出, 特别是农田周边原有的大量田埂已经不复存在, 农田埂应有的拦截、净化等功能严重退化或丧失, 是造成农田水肥和水土流失的关键因素之一。在昆明地区以流域为最基本单元实施大规模缓冲带建设, 存在两个问题, 一是缓冲带的建设势必占用农田, 为保护外部公共利益而减少个体利益, 农户一般情况不会接受 (除非行政干预); 二是末端建设缓冲带, 在特殊水文条件下由于水文等主导因素影响, 形成的区域末端控制格局, 控制能

力有限,效果不明显。因此,采用以农户零散地块为单元的源头控制是解决上述问题的唯一有效途径。

为探索出一套经济实用的技术措施,在分析已有相关研究成果的基础上,紧密结合滇池沿湖地区农业生产实际,实施了农田污染末端生态控制技术。以单块农田为控制单元,在农田地表径流汇水区下方布设沟-基-塘生态控制系统,系统布局和规模依农田坡度、区域降水而定。沟体沿地田垄、塘间排水口布设,沟体规格深0.4m、宽0.3m,土沟开挖后,对底部实施夯实和平整以利引流;利用

开挖出的土方堆成基体,基体规格宽0.6m,长能完全收集农田径流即可,基体建成后在其顶部每隔1.5m种植速生、抗性强、具经济价值的乡土植物,同时在基面上种植豆科作物(不施肥、不除草);根据沟体长度,每隔10~15m,增设容积为1.0m³的生态塘用于收集农田地表径流,使其进行自然沉降、过滤。农田地表径流经土沟引流汇集到塘内,经土壤、植物、微生物的协同作用,径流污染物可以得到大幅削减(径流水质监测结果见表2)。此系统的构建,在实现农田生物多样性的同时,塘内集水还可补充农灌用水。

表2 沟-基-塘生态控制农田径流监测统计 (mg/L)

采样时间	TN		TP		COD _{Cr}		SS	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
5月7日	1.94	0.14	0.58	0.09	38.91	18.00	460.03	86.70
6月16日	2.29	1.62	2.08	0.12	47.95	30.69	854.50	52.00
7月3日	1.82	0.24	1.36	0.361	39.00	15.40	459.00	21.60
7月29日	1.41	0.92	0.40	0.20	33.75	22.40	62.35	47.50
8月26日	2.95	2.15	0.91	0.61	31.01	22.59	556.25	67.50

从表2可看出,农田末端采用的沟-基-塘生态控制系统对雨季农田地表径流主要污染物TN、TP、COD_{Cr}、SS的去除率平均值分别达54.14%、66.86%、42.20%和76.41%,虽然与已有部分技术相比去除率偏低,但此技术较为经济和实用,同时监测结果与(王兴祥、于兴修等人)研究所提出地表排水中氮的流失以颗粒态为主^[5],无论是氮素还是磷素的流失形态主要以泥沙结合态为主这一结论^[6],是相吻合的。

4 结论

(1)大颗粒肥料施用可源头减少化学肥料施用量20%;保护性栽培可削减农田径流TN、TP、COD_{Cr}和SS分别为59.78%、69.45%、62.74%和48.83%;末端拦截可削减农田径流TN、TP、COD_{Cr}和SS分别为54.14%、66.86%、42.20%和76.41%,控制农田水土流失是农田面源防治的关键环节和防治的重点之一。本研究对于滇池沿湖地区农田面源污染生态控制起到了良好的促进作用,由于各地农田面源污染存在的气候、区域的差异,因此还有待进一步完善充实。

(2)农田水肥流失是农田种植生产资源的浪费,也是造成区域水体富营养化的重要因素之一,

因此,就农田面源治理甚至是农村面源污染防治未来的研究仍将以生态治理为目标,以源-流-汇系统防治为核心。开发低成本、有效果、可在面上大量推广应用的技术,或者将技术转变成产品、装置,提高普及利用率,在流域面上推进农田面源污染防治工作。

(3)农田面源污染防治在进行技术推广应用的基础上,仍然需要配套相应的政策、决策支持,建立完善相应的生态产业发展方向和目标,才能突显农田面源污染防治工作成效。

参考文献:

[1] 张维理,冀宏杰, Kolbe. H, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制Ⅱ欧美国农业面源污染状况及控制[J]. 中国农业科学, 2004, 37(17): 1020-1024.

[2] 李怀恩,蔡晋明,彦玲. 非点源污染研究现状与发展[R]. 第八届海峡两岸水利科技交流研讨会, 2004.

[3] 孙辉,唐亚,谢嘉穗. 植物篱种植模式及其在我国的研究和应用[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 114.

[4] 钟勇. 美国水土保持中的缓冲带技术[J]. 中国水利, 2004, (10): 63.

[5] 于兴修,杨桂林,梁涛. 西苕溪流域土地利用对氮素流失过程影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 424-341.

[6] 王兴祥,张斌. 红壤旱坡地农田生态系统养分循环与平衡[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 335-341.

(下转第90页)

杞麓湖湖滨带农田排涝区农田排水入湖污染负荷研究

张军莉¹, 赵磊¹, 赵琳娜¹, 谭志卫¹, 王俊松¹, 李转寿²

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

摘要: 杞麓湖湖滨带区域西部、南部平坝区的部分围海造田形成的耕地低于湖泊正常水位, 农田排水无法自流进入湖泊, 必须通过排涝站人为抽水排涝。本研究旨在通过现场调查和监测, 核算湖滨带农田排水入湖的污染负荷。

关键词: 农田排涝区; 农田排水; 污染负荷; 杞麓湖

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0033-02

杞麓湖流域位于云南省通海县境内, 地理位置东经 102°33'48" ~ 102°52'36", 北纬 24°4'36" ~ 24°14'21"。湖泊略呈北东南西向的矩形状, 东西长约 10.4km, 南北平均宽约 3.5km, 湖岸线全长约 32km, 最大水深 6.8m, 平均水深 4m, 全湖自西向东逐渐加深。杞麓湖湖盆呈现一定程度的悬湖状态, 湖泊无明显出流口, 为一封闭型高原浅水湖泊, 唯一泄水通道为湖东南面的岳家营落水洞岩溶裂隙, 泄洪至华宁王马龙潭出露后归曲江, 属珠江流域西江水系。

由于早年缺乏科学的管理, 围湖造田、移山填湖、修建硬质堤岸等错误决策致使流域西部、南部平坝区的部分围海造田新增的耕地低于湖泊正常水位, 由于该片区主要土地利用类型为耕地, 为杞麓湖流域主要的蔬菜生产地, 农田精耕细作, 然而农田排水无法自流进入湖泊, 必须通过排涝站人为抽水排涝。本研究旨在通过现场调查和监测, 核算湖滨带农田排水入湖的污染负荷。

1 内容及方法

1.1 研究范围

湖滨农业排涝区主要分布在杞麓湖西南岸湖滨带区域, 面积 24.03km², 约占流域总面积的 9.5%。片区内多为早年围湖造田形成的耕地, 范围涉及沿湖十街村委会、大营村委会、龚杨村委会、金山村委会、长河村委会、六一村委会、大树

村委会、万家村委会、黄龙村委会、云龙村委会、杨广村委会等 11 个村委会。片区土地利用现状类型绝大部分为耕地, 以蔬菜种植为主。片区耕地海拔低于杞麓湖湖面海拔。

1.2 研究内容

对研究范围内的抽水排涝站分布和运行状况进行调查, 在此基础上, 选择有代表性的抽水排涝站作为水质调查的重点对象, 在旱季和雨季分别采集水样, 以实测水质数据为基础核算片区主要污染物的入湖污染负荷。

1.3 研究方法

由于排涝区泵站抽排水具有很大的随机性, 与灌溉情况、降雨情况密切相关, 本研究根据区域泵站抽排水状况, 采用如下方法对区域入湖污染负荷进行调查核算。

抽排水水量调查: 对每个泵站的抽排水情况进行详细记录, 掌握抽排水水量。

抽排水水质调查: 泵站抽排水主要包括 2 类, 一是非降雨状况下的灌溉排水, 二是降雨状况下的降雨径流, 对这 2 类废水分别进行采样分析。泵站排水的水质分析根据排水的时段不同, 分为旱季排水的采样和雨季排水的采样。本研究选择了 5 个代表性泵站进行水样采集, 分别为: 龚杨红旗河抽排水站、黄龙二组排涝站、龚杨杨家咀排涝站、六一牛角坝排涝站和万家排涝站。

2 调查及实验结果

2.1 泵站分布和运行状况调查

泵站调查的重点对象为直接从杞麓湖抽水或者直接排水进入杞麓湖泵站的数量和分布。据现场调

收稿日期: 2012-08-07

基金项目: 云南省社会发展科技计划资助项目 (2010CA001)。

通讯作者: 赵琳娜。

查统计,在研究范围内从杞麓湖抽水和排水进入杞麓湖的泵站共计50个,其中,抽水灌溉泵站共计19个(仅具有抽水功能的泵站),沿湖仅有排涝功能的泵站23个,还有8个具有抽水和排涝功能的泵站。以上泵站中,有3个是通海县水利局直接管理的抽水站,分别为落水洞抽水站、沙沟咀抽水站和蚂蝗坝抽水站,其余泵站大多为上世纪所建的泵站,现大多分属村委会所有,村委会派专人进行管理。

在现场的调查中了解到,除了县管的抽水站及少数由村委会管理的泵站有抽排水的记录外,其余大部分泵站无抽排水的记录,难以准确地对湖滨农业排涝区的抽排水量进行核算,因此,为较准确地对区域内的农业抽排水量进行准确的核算,本调查采取了与无抽排水记录泵站的管理人员进行合作的方式,请泵站的管理人员从接受调查日连续12个月详细记录泵站的运行情况,根据泵站的运行情况核算泵站在研究期间内的抽排水量。

自调查始至结束,共收回和得到32个抽排水泵站的泵站运行情况统计。在统计过程中,选取其中的9个抽排水泵站(记录结果较为完整和全面的泵站)作为本次泵站调查的重点研究对象,分别为:黄龙村委会黄龙大队排涝站、大树营(赵家沟)底坝抽排涝站、六一牛角坝排灌站、二街海埂排涝站、龚杨红旗河抽排涝站、龚杨杨家咀排涝站、龚杨四社抽水站、十街工农抽水站、二街底坝抽水站,该9个泵站分布在湖滨农业排涝区的范围内,其中有3个泵站仅具抽水功能的泵站、有4个泵站仅具排涝功能的泵站,还有2个泵站为抽水和排涝功能都有的泵站,能完全代表该片区内所有泵站的类型,且该9个泵站均匀分布在湖滨农业排涝区范围内,根据该9个泵站的详细记录计算每个泵站的抽水或者排水量,并由现场调查结合GIS技术确定该9个泵站服务的面积范围,进而核算湖滨农业排涝区范围内耕地的单位面积年抽排水量。

在对典型泵站抽排水量统计计算的基础上,农业排涝区单位面积的抽排水量结果为,单位面积的抽水量为 $0.64 \sim 5.78 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a}$,平均值为 $2.13 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a}$,单位面积的排水量为 $0.76 \sim 2.81 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a}$,平均值为 $0.96 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ 。从统计的结果看,位于不同位置的泵站及其服务范围内的耕地,由于地理位置的不同、土壤性质的不同,其

抽排水量存在一定的差异。

根据上述结果核算,湖滨农业排涝区范围 24.03 km^2 ,湖滨农业排涝区在项目研究期间的泵站抽水量为: $51298791 \text{ m}^3/\text{a}$,泵站排水量为: $23444112 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

2.2 农业排涝区农田排水水质状况调查

项目研究中,农业排涝区农田排水水质通过在调查的泵站中选取其中5个泵站分别在旱季和雨季采样分析排水水质状况。自2009年9月至2010年8月底,共采集旱季水样40个,雨季采集4场降雨,10个水样。

雨季排涝的过程与降雨量密切相关,但由于湖滨农业排涝区旱季抽排水频繁,旱季和雨季排水的主要污染物浓度差别不大。根据泵站水质采样实测结果,各主要污染物的浓度算术平均值分别为:TN: 17.63 mg/L ,TP: 0.46 mg/L , COD_{Cr} : 55.69 mg/L 。

2.3 农田排水入湖污染负荷

湖滨农业排涝区农业排水入湖污染负荷量由泵站排水量与主要污染物浓度乘积计算得,TN: 413.32 t/a ,TP: 10.78 t/a , COD_{Cr} : 1305.60 t/a 。

3 结论

(1) 湖泊西南部区域为流域内主要的蔬菜主产区,特别是湖滨带农业排涝区的农田排水直接通过泵站抽入湖泊,该片区面积为全流域面积的6.78%。

(2) 研究区主要污染物入湖污染负荷为:TN: 413.32 t/a ,TP: 10.78 t/a , COD_{Cr} : 1305.60 t/a 。区域内单位面积的入湖污染负荷强度达到TN: 17.20 t/km^2 、TP: 0.45 t/km^2 、 COD_{Cr} : 54.33 t/km^2 ,处于较高的水平。

(3) 在调查中发现,杞麓湖湖周的村庄大多与湖滨农业排涝区紧密相连,因此,村庄的生活污水等未经收集处理的部分同样汇入到湖滨农业排涝区内,通过泵站抽入湖泊中,因此,该片区的污染负荷也包含了部分湖周村庄的生活污水等污染物。

参考文献:

- [1] 洪华生,黄金良,曹文志.九龙江流域农业非点源污染机理与控制研究[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 黎尚豪,俞敏娟,李光正,等.云南高原湖泊调查[J].海洋与湖沼,1963,5(2):87-114.
- [3] 李恒.云南高原湖泊水生植被的研究[J].云南植物研究,1980,2(2):113-141.

(下转第40页)

杞麓湖南岸农业生产分析及最佳农业生产模式选择

谭志卫¹, 赵磊¹, 赵琳娜¹, 王俊松¹, 揭学远¹, 许迪¹, 李转寿²

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

摘要: 通过调查, 对杞麓湖南岸的农业结构、化肥使用量和农业生产经济进行分析, 针对杞麓湖南岸区蔬菜种植属于典型的“高投入、高产”出, 但产投比相对较低的农业生产模式, 提出杞麓湖南岸农业生产模式优化方案, 为杞麓湖面源污染的治理提供依据。

关键词: 农业生产; 生产模式; 分析; 选择; 通海; 杞麓湖

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2013) 01 - 0035 - 06

杞麓湖位于云南省中部, 隶属玉溪市通海县, 是云南省“九大高原湖泊”之一。流域面积 354.2 km², 占通海县总面积的 47.8%, 是通海县重要的水资源。对通海的社会、经济、环境的协调发展起着非常重要的作用, 被誉为通海人民的“母亲湖”。

通海是蔬菜生产大县, 蔬菜产业也是通海农业的支柱产业。全县蔬菜种植主要集中在杞麓湖岸边。蔬菜种植产生的大量废菜叶、农药、化肥以及畜禽养殖、秸秆腐烂等污染, 随水土流失和农田退水进入水体, 增加了水体中 COD 和氨氮、总磷等污染物总量。本研究拟通过杞麓湖南岸农业生产模式分析, 提出杞麓湖南岸农业生产模式优化方案, 为有效降低农业生产给杞麓湖带来的面源污染的治理提供依据。

1 材料和方法

1.1 社会调查法

1.1.1 社会调查法

社会调查法主要采用农户问卷调查法。

农户问卷调查依照问卷设计、预调查、问卷修改、入户调查、回访等步骤展开。调查内容包括农户基本特征、土地资源、作物种植的投入与收益、农户总体收入与支出等。

1.1.2 分析方法

(1) 定性方法。通过访问调查和集体访谈, 归纳出水源区整体的农业生产情况、农户的生活水平、环境状况、面临的困难以及对当前政策的看法。

(2) 定量方法。主要采用 Excel 和 SPSS 等工具对社会调查数据进行整理和统计分析。主要应用了方差分析统计方法。

1.2 样本数据

杞麓湖南岸农户问卷调查的时间是 2011 年 8 月。为保证调查的代表性和普遍性, 我们采用了广泛抽样的方法。根据杞麓湖南岸农田及村庄的分布情况, 对研究范围进行了均匀布点调查, 共调查了大树、长河、董家营、黄龙、六一、万象和金山 7 个行政村 96 个农户样本。

2 结果与分析

2.1 农户的基本特征

表 1 列出的是调查农户的一些基本特征。从被调查人的年龄、性别和知识水平来看, 被调查农户主要集中在户主及相对熟悉情况的家庭成员上。

表 1 杞麓湖南岸农户基本特征

基本特征	特征值
调查户数/户	68
被调查人的平均年龄/岁	40.28
被调查人男女性别比	29 : 39
被调查人文化程度 (高中 : 初中 : 小学 : 文盲)	20 : 25 : 20 : 3
平均家庭人口/人	3.36
平均劳动力人口/人 · 户 ⁻¹	2.31
平均家庭人均纯收入/元	7436
民族比例/%	汉: 42 ; 彝: 12 ; 傣: 8 ; 哈尼: 6
平均男性/人 · 户 ⁻¹	1.67

2.2 农业结构现状

调查结果显示, 杞麓湖南岸主要以种植蔬菜为

收稿日期: 2012 - 08 - 07

基金项目: 云南省社会发展科技计划资助项目 (2010CA001)。

通讯作者: 赵琳娜。

主, 蔬菜种类主要为白菜、大蒜、小铁头、香笋、芹菜、圆白菜、鸡窝白、花菜、莴笋和甘蓝, 详见表2。

调查表明, 杞麓湖南岸研究区养殖业不占优

势, 调查的68户中, 只有8户农户进行了养殖, 占调查户的11.76%。主要的养殖类型为鸡、鸭、鹅和猪。鸡是8户农户都养殖的家禽, 户均养殖9.11只。其它养殖数量较少。

表2 杞麓湖南岸农业种植情况

项目	白菜	芹菜	小铁头	大蒜	鸡窝白	花菜	甘蓝	圆白菜	香笋	青笋
面积百分比/%	22.57	22.47	15.44	10.46	10.03	6.45	4.28	3.70	3.01	0.86
户均播种面积/亩	4.40	10.45	3.11	2.53	5.19	3.00	3.70	4.48	2.60	1.3
户种植面积标准差	3.19	2.48	1.37	1.64	5.64	2.52	2.39	2.46	1.63	2.01
种植户数/户	31	35	30	25	12	13	7	5	7	1

表3 杞麓湖南岸的家庭养殖情况

项目	鸡	鸭	鹅	猪
户均养殖数/只	6.5	7	4	4
养殖户数/户	8	2	2	2

从问卷调查中, 我们可以了解到以下信息: ①杞麓湖南岸区的农业种植为蔬菜种植; ②蔬菜种植是比较单一的种植模式; ③蔬菜种植是当地生产生活的经济支柱。

2.3 化肥施用量分析

通过调查, 杞麓湖南岸区主要施用的肥料为尿素、复合肥、普钙、钙镁磷肥、有机复合肥和农家肥等肥料。各类蔬菜肥料经过N、P折纯计算, 结果表明: 整个杞麓湖南岸区每年的N施用量为2614.94t, P施用量为1046.88t。

2.4 农业生产经济(化肥投入)

根据作物的生产投入, 包括种子、农药、化肥、耕地和收割费用, 不包括劳动力的投入, 计算农业生产的成本。结果表明: 研究区范围的蔬菜种植都属于高产的作物。大蒜是收益最高的作物, 每亩每季(后面每亩均为每亩每季)近3万元; 其次是花菜和芹菜, 亩产近2万元; 白菜亩产约1.4万元; 鸡窝白和青笋亩产约1万元; 小铁头约7000元; 甘蓝、圆白菜和香笋约5000元, 详见图1。在作物生产的化肥投入上表现出与收入基本成比例的结果, 依然是大蒜的投入最高, 达2154元/亩; 其次是鸡窝白、小铁头、芹菜、白菜、甘蓝、香笋、花菜、青笋和圆白菜, 圆白菜的投入最低为1390元/亩, 详见图2。

进一步分析计算各种作物的经济效益, 即投入产出比。结果表明: 大蒜的投入产出比最高, 为13.64; 其次是花菜, 为13.06; 香笋最低, 为3.47。整个区域的投入产出比为7.77, 详见图3。

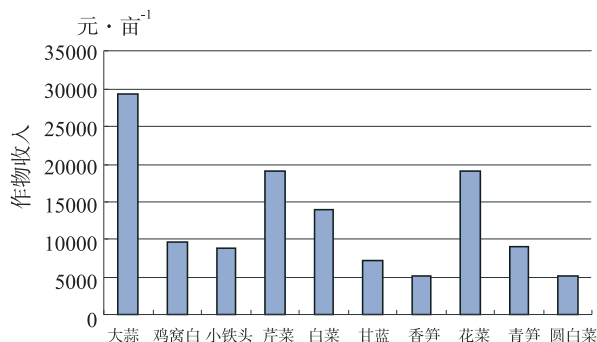


图1 杞麓湖南岸区蔬菜产值图

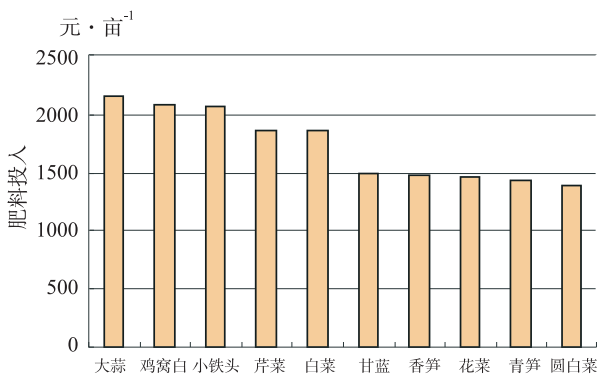


图2 杞麓湖南岸区蔬菜种植化肥投入

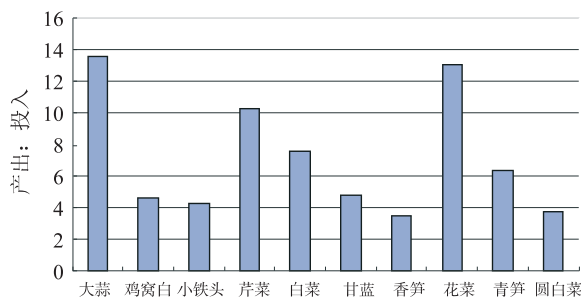


图3 杞麓湖南岸区蔬菜种植产出与肥料投入比

综合分析以上数据, 可以得出, 杞麓湖南岸区蔬菜种植属于典型的“高投入、高产出”, 但产投比相对较低的农业生产模式。由于当地气候的原

因,蔬菜种植没有季节性,在作物复种指数高达3.52的条件下,蔬菜种植吸引着当地的农户,农户在获得丰厚的产值的同时,高量肥料的施用也给当地带来严重的环境污染。

3 杞麓湖农业生产模式优化方案研究

3.1 现代农业生产模式介绍

3.1.1 设施农业生产模式

设施农业是利用人为建造的一定设施和工程技术手段,为种植业、养殖业、产品的储藏保鲜等提供优良的可控环境条件,以期将农业生物的遗传潜力变为大的生产潜力,从而以最少的资源投入,获取速生、高产、优质、高效农产品的现代农业^[4]。设施农业是涵盖建筑、材料、机械、自动控制、品种、栽培技术和管理等学科的系统工程,其发达程度是体现农业现代化水平的重要标志之一^[9]。主要有如下的优点:①设施农业是高投入、高产出、高效益的产业,只有形成相当规模才能形成强有力的品牌效应,从而占领市场,使资源优势得到有效的开发与持续利用,同时带来巨大的经济效益^[5]。②温室大型化。大型温室设施具有投资省、土地利用率高、室内环境相对稳定、便于控制、能够实现机械化作业和产业化生产等优点^[6],可以大大提高农业生产的效益。③温室生产多样化。目前杞麓湖南岸区主要是露地种植蔬菜,采用设施农业生产,可以向水果和花卉等生产发展,特别是提高市场价值较高的产品生产投入。④生产机械化、自动化。现代化温室生产应实现环境控制自动化、主要生产环节机械化、生产技术标准化、经营规模化和产品无害化,实现整体生产现代化,这样能使劳动生产率提高1倍以上^[7]。

在国外,20世纪下半叶设施农业真正作为一种产业得到大规模和迅猛的发展,随着各国在设施农业上的投入和补贴增多,设施农业发展呈现良好态势^[13]。

随着科学技术的迅猛发展和高新技术在农业生产中的广泛应用,设施农业正成为我国极其重要的创新产业。20世纪70年代,地膜覆盖技术引入中国,对保温、保墒起到了很大的作用。20世纪80年代,以日光温室、塑料大棚和遮阳网覆盖栽培为代表的设施园艺取得长足进步,形成以塑料棚为主的与风障、地膜覆盖、阳畦与温室等相配套的保护地蔬菜生产体系。20世纪90年代,我国大规模引进国外大型连栋温室及配套栽培技术,设施农业也以超时令、反季节的设施园艺作物生产为主得到迅

猛发展。到2000年,我国以蔬菜栽培为主的设施园艺面积已达210万 hm^2 ,在世界上位居第一。随着经济的发展、生产需要和技术进步,设施农业在我国被广泛应用于大田作物、水产养殖、畜禽饲养、林果生产等农业诸多领域^[10,11]。设施农业是现代化农业发展的象征,正在世界各国蓬勃地发展着^[12]。

3.1.2 北方“四位一体”生态农业模式

“四位一体”生态农业模式是在自然调控与人工调控相结合条件下,利用可再生能源(沼气、太阳能)、保护地栽培(大棚蔬菜)、日光温室养猪及厕所等4个因子,通过合理配置形成以太阳光、沼气为能源,以沼渣、沼液为肥源,实现种植业(蔬菜)、养殖业(猪、鸡)相结合的能流、物流良性循环系统,这是一种资源高效利用,综合效益明显的生态农业模式。运用本模式冬季北方地区室内外温差可达 30°C 以上,温室内的喜温果蔬正常生长、畜禽饲养、沼气发酵安全可靠。

核心技术:沼气池建造及使用技术;猪舍温、湿度调控技术;猪舍管理和猪的饲养技术;温室覆盖与保温防寒技术;温室温、湿度调控技术;日光温室综合管理措施等。

配套技术:无公害蔬菜、水果、花卉高产栽培技术;畜、禽科学饲养管理技术;食用菌生产技术等。

3.1.3 有机农业生态模式

有机农业以自然资源特别是可再生资源为基础;有效利用太阳能和生物系统的生产潜力;维持土壤肥力;最大限度实现植物养分和有机物质的循环^[2];不使用自然资源以外的物质;维持生态系统和农业景观的基因多样性;向畜禽提供适应其行为本性的生活条件等。有机农业符合环境友好型农业的标准^[3]。

以生物学、生态学为理论指导,以实现生态环境、经济、社会的功能完美结合及可持续发展为目标,其基本内容可概括为相对封闭的生物营养循环体系原理、土壤是一种活的生命系统原理、应用生态学防治作物病虫害原理和保持养殖业的适载量及遵循动物自然习性饲养管理原理4个方面^[8]。

该模式依靠传统农业技术(时空多样性和连续性、空间和资源的最佳利用、养分循环、作物系统自我调控和作物保护)和现代农业技术。实现耕作与自然的结合,培育健康的土壤,保护不可再生性自然资源,充分利用农业生态系统内的自然调

节机制,生产高品质的食品。

有机农业的优势充分表现在无污染,保持及促进土壤肥力,营养全面、健康,遵循可持续发展原则,能促进生态环境的平衡,丰富生物的多样性。通过多样性种植,降低作物营养水平,机械除草及有目的地建立天敌栖息地和群落环境等,充分发挥农业生态系统的内在自然调节机制,建立稳定的农业生态系统,保持系统内物种的多样性^[3]。

该模式是利用山地、农田、水面、庭院等资源,采用“沼气池、猪舍、厕所”三结合工程,围绕主导产业,因地制宜开展“三沼(沼气、沼渣、沼液)”综合利用,从而实现对农业资源的高效利用和生态环境建设、提高农产品质量、增加农民收入等效果。工程的果园(或蔬菜、鱼池等)面积、生猪养殖规模、沼气池容积必须合理组合。

工程技术:猪舍建造技术、沼气池工程建设技术、贮肥池建设技术、水利配套工程等。

基本要素:“户建一口池,人均年出栏2头猪,人均种好一亩果。”

运作方式:沼气用于农户日常做饭点灯,沼肥(沼渣)用于果树或其他农作物,沼液用于拌饲料喂养生猪,果园可以套种蔬菜和饲料作物,从而保证了育肥猪的饲料供给。农户除养猪外,还包括养牛、养鸡等养殖业;果业也可包括粮食、蔬菜、经济作物等种植业。

核心技术:养殖场及沼气池建造、管理技术,果树(蔬菜、鱼池等)种植和管理等。

3.1.4 草地生态恢复与持续利用模式

草地生态恢复与持续利用模式是遵循植被分布的自然规律,按照草地生态系统物质循环和能量流动的基本原理,运用现代草地管理、保护和利用技术,在牧区实施减牧还草,在农牧交错带实施退耕还草,在南方草山草坡区实施种草养畜,在潜在沙漠化地区实施以草为主的综合治理,以恢复草地植被,提高草地生产力,遏制沙漠东进,改善生存、生活、生态和生产环境,增加农牧民收入,使草地畜牧业得到可持续发展。

3.1.5 农林牧复合生态模式

农林牧复合生态模式是指借助接口技术或资源利用在时空上的互补性所形成的两个或两个以上产业或组分的复合生产模式(所谓接口技术是指联结不同产业或不同组分之间物质循环与能量转换的连接技术,如种植业为养殖业提供饲料饲草,养殖业为种植业提供有机肥,其中利用秸秆转化饲料技

术、利用粪便发酵和有机肥生产技术均属接口技术,是平原农牧业持续发展的关键技术)。平原农区是我国粮、棉、油等大宗农产品和畜产品乃至蔬菜、林果产品的主要产区,进一步挖掘农林、农牧、林牧不同产业之间的相互促进、协调发展的能力,对于我国的食物安全和农业自身的生态环境保护具有重要意义。

3.1.6 观光生态农业模式

该模式是指以生态农业为基础,强化农业的观光、休闲、教育和自然等多功能特征,形成具有第三产业特征的一种农业生产经营形式。主要包括高科技生态产业园、精品型生态农业公园、生态观光村和生态农庄等4种模式。

高科技生态农业观光园。主要以设施农业(连栋温室)、组配车间、工厂化育苗、无土栽培、转基因品种繁育、航天育种、克隆动物育种等农业高新技术产业或技术示范为基础,并通过生态模式加以合理联结,再配以独具观光价值的珍稀农作物、养殖动物、花卉、果品以及农业科普教育(如农业专家系统、多媒体演示)和产品销售等多种形式,形成以高科技为主要特点的生态农业观光园。技术组成:设施环境控制技术、保护地生产技术、营养液配制与施用技术、转基因技术、组培技术、克隆技术、信息技术,有机肥施用技术、保护地病虫害综合防治技术、节水技术等。

精品型生态农业公园。通过生态关系将农业的不同产业、不同生产模式、不同生产品种或技术组合在一起,建立具有观光功能的精品型生态农业公园。一般包括粮食、蔬菜、花卉、水果、瓜类和特种经济动物养殖精品生产展示,传统与现代农业工具展示,利用植物塑造多种动物造型、利用草坪和鱼塘以及盆花塑造各种观赏图案与造型等。

综合观光生态农业园区。技术组成:景观设计、园林设计、生态设计技术,园艺作物和农作物栽培技术,草坪建植与管理技术等。

生态农庄。一般由企业利用特有的自然和特色农业优势,经过科学规划和建设,形成具有生产、观光、休闲度假、娱乐乃至承办会议等综合功能的经营性生态农庄。这些农庄往往具备赏花、垂钓、采摘、餐饮、健身、狩猎、宠物乐园等设施与活动。技术组成:自然生态保护技术、自然景观保护与持续利用规划设计技术、农业景观设计技术、人工设施生态维护技术、生物防治技术、水土保持技术、生物篱笆建植技术等。

3.2 杞麓湖南岸区农业生产模式优化方案

研究表明,杞麓湖南岸区蔬菜种植模式与其它地区的相比,属于典型的“高投入、高产、高污染”,但产投比相对较低的农业生产模式。为了有效降低农业生产给杞麓湖带来的面源污染,必需对杞麓湖南岸农业生产进行优化,建设现代农业。为了有效实现现代农业,必须着力解决好资源供给、环境支撑问题,努力建设资源节约、环境友好型的可持续农业。这是发展现代农业的题中应有之义,是落实科学发展观、转变发展方式,实现农业和农村经济又好又快发展的必然要求。

3.2.1 有机农业生产模式

有机农业的模式主要是在杞麓湖现有的资源条件下,合理调整农业种植类型,形成粮食-蔬菜-豆类-绿肥-畜禽、鱼养殖的体系。在这个体系中,作物秸秆、畜禽粪肥、豆科作物、绿肥和有机废物是土壤肥力的主要来源,作物轮作以及各种物理、生物和生态措施是控制杂草和病虫害的主要手段。

(1) 提高种植业的规模化水平,走农作物间作的模式。在农作物规模化种植区,通过抗病虫品种选育、耕作改良、错季栽培、生物农药和天敌保护与施放,用自然法则将病虫害控制在萌芽状态,使其有虫不成灾。同时,利用农作物间作来预防病虫害的发生。

(2) 种养结合,循环发展。通过调查,在杞麓湖南岸区,畜禽养殖很少,为了实现有机农业,可引导当地村民适量养殖畜禽,并且在研究区适当区域进行种养结合的稻田养鱼、稻田养鸭,并且保证所有的养殖排放的粪便和废水及其产物等能被农田作物消化吸收。

(3) 开发利用农作物秸秆和废蔬菜叶,形成废弃物综合利用。目前杞麓湖南岸区每个地段都有大量的菜叶和秸秆堆放在路旁或水体边,造成了严重的污染。通过发展秸秆、蔬菜直接还田技术、绿肥青贮氨化技术、农村户用沼气技术,可以有效降低化料的施用量和缓解能源紧张状况。

3.2.2 设施农业生产模式

杞麓湖南岸区地势平坦,水源充足,与昆明市呈贡区大棚蔬菜生产区的资源条件非常类似。因此可以发展设施农业生产模式,借鉴呈贡区大棚蔬菜生产的技术^[1]及国内外的先进生产方式,主要采用蔬菜-花卉-瓜果体系,人工半机械化生产方式,形成农业生产规模化、产业化。

3.2.3 苗木、蔬菜生态农业模式

杞麓湖南岸区农业生产效益与杞麓湖水质息息相关,但目前杞麓湖水质并不理想,已从20世纪80年代的Ⅲ类水逐步下降到现在的劣Ⅴ类水,严重制约了杞麓湖南岸区及周边经济的蔬菜产业发展。大量废菜叶、农药、化肥以及畜禽养殖、秸秆腐烂等污染,随水土流失和农田退水进入水体,严重恶化了水质,形成恶性循环。因此,在研究区范围内,适当牺牲一部分土地来进行湖滨带建设,种植一定数量的苗木和草,形成湿地,对缓解农业生产对水质的污染,具有十分重要的意义。

应学习滇池治理的“四退三还”技术,在杞麓湖南岸区的湖滨带进行湖滨带生态建设,退出一部分耕地种植林木和草,进行湖滨带生态修复,其余土地仍进行农业生产,最终才能达到农业生产和环境相协调发展的目的。

3.2.4 观光农业生产模式

杞麓湖位于通海县城北,风光绚丽,婀娜多姿,每当风平浪静,天空一碧如洗之时,湖面从东到西便出现一条长达数丈的湛蓝色带,古人称这奇景为“湖水拖蓝”,是通海八景之一。但是近年,由于杞麓湖水质恶化,杞麓湖周边旅游业并不像其它高原湖泊如抚仙湖、泸沽湖、洱海那样繁荣。因此在治理水质的同时,改变杞麓湖南岸区的农业生产模式,引进观光农业生产模式也是很有必要的。通过观光农业生产模式的生产,不仅可以治理当地的水质,而且对当地农户的高产出的经济利益也不会带来任何损失。

农业是国民经济的基础产业,尤其在通海县从20世纪90年代以来,把蔬菜生产作为一大新的支柱产业,蔬菜生产得到了蓬勃发展。但是生产过程中由于过于追求产量和效益,给周边环境带了严重污染。因此在研究区进行适当的生产模式和方式的调整刻不容缓。当地政府应按照科学发展观的要求,立足转变农业发展方式,以提高资源利用效率和生态环境保护为核心,以节地、节水、节肥、节药、节种、节能、资源综合循环利用和农业生态环境建设保护为重点,大力推广应用节约型的耕作、播种、施肥、施药、灌溉与旱作农业、集约生态养殖、秸秆综合利用技术,大力推广应用减少农业面源污染、减少农业废弃物生成、注重水土保持和生态建设的环保型技术,大力培养农民和农业企业的资源节约和环境保护观念,大力发展循环农业、生态农业、集约农业等有利于节约资源和保护环境的

农业形态, 促进农业实现可持续发展。

参考文献:

- [1] 王晓春, 唐敏. 呈贡县大棚蔬菜施肥现状及经济效益分析 [J]. 现代农业科技, 2008, (8): 14-20.
- [2] 杨献中. 太湖流域有机农业的发展与对策研究 [J]. 上海农业科技, 2010, (2): 1-2, 12.
- [3] 张莹, 虞文超, 栗静静. 环境友好型农业模式—有机农业 [J]. 资源与环境科学, 2010, (16): 298-300.
- [4] 王双喜. 设施农业工程技术概论 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [5] 高翔齐, 新丹, 李骅. 我国设施农业的现状与发展对策分析 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (11): 3453-3454.
- [6] 王艳丽, 邱立春, 郭树国. 我国温室发展现状及对策 [J]. 农机化研究, 2008, (10): 207-209.
- [7] 张英, 徐晓红, 田子玉. 我国设施农业的现状、问题及发展对策 [J]. 现代农业科技, 2008, (12): 83-84, 86.
- [8] 韩海东, 陈敏健, 刘明香. 闽台有机农业发展概况与启示 [J]. 台湾农业探索, 2010, (2): 26-28.
- [9] 朱德文, 陈永生, 程三六. 我国设施农业发展存在的问题与对策研究 [J]. 农业装备技术, 2007, 33 (1): 5-6.
- [10] 初江. 设施农业的发展分析 [J]. 农业机械学报, 2004, 35 (3): 191-192.
- [11] 杨其长. 设施农业现状与发展趋势 [J]. 中国农村科技, 2001, (3): 10-11.
- [12] 安国民, 徐世艳, 赵化春. 国外设施农业现状与发展趋势 [J]. 现代化农业, 2004, (12): 34-36.
- [13] 周莹, 王双喜. 设施农业发展研究进展 [J]. 现代农业科技, 2010, (1): 257-261.

Agricultural Production Analysis and Selection of Optimized Cultivation Modes in South Lake Qilu

TANG Zhi-wei¹, ZHAO Lei¹, ZHAO Lin-na¹, WANG Jun-song¹, JIE Xue-yuan¹, XU Di¹, LI Zhuan-shou²
(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: By analysis of the agricultural structure, fertilizer application and agricultural economy in the south of Lake Qilu, the optimized cultivation mode is proposed for its vegetable production that is currently “high-input, high-output”, but a agricultural cultivation mode with a relatively low ratio of input and output. It lays a basis for the treatment of the non-point source pollution around the lake.

Key words: agricultural production; cultivation mode; selection; Tonghai; Lake Qilu

(上接第34页)

A Study of In-Lake Pollution Load of Agricultural Drained Water in Farmland Drainage Area around Lake Qilu

ZHANG Jun-li¹, ZHAO Lei¹, ZHAO Lin-na¹, TANG Zhi-wei¹, WANG Jun-song¹, LI Zhuan-shou²
(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034 China)

Abstract: Some reclaimed farmland in the western and southern flat area around Lake Qilu is lower than the normal water level of the lake. The agricultural drainage must be pumped into the lake instead of a natural flow. This article aims to calculate the in-lake pollution load of the drainage from the farmland around the lake through investigation and monitoring.

Key words: farmland drainage area; agricultural drainage; pollution loads; Lake Qilu

浅谈菏泽市水环境问题与水环境保护对策

侯艳玲

(北京清华城市规划设计研究院, 北京 100085)

摘要: 针对菏泽市水环境污染现状, 探讨了菏泽市主要水环境问题, 识别了水环境污染的主要污染源, 提出了改善菏泽市水环境的对策和建议。从菏泽市未来发展的空间布局来看, 不同地区水环境保护的重点应有所侧重: 北部地区重点是资源开发和重化工业发展过程中的水环境保护, 南部地区重点是农业发展过程中的水环境保护, 中部地区主要是生活污水的防治。

关键词: 水污染; 现状; 问题; 措施; 菏泽市

中图分类号: X522 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0041-04

1 研究区域概况

菏泽市位于山东省西南部, 地处“鲁苏豫皖”4省交界的行政边缘地区。一直以来是山东省相对欠发达地区, 2010年GDP为1227亿元, 三产的比例是19:52:29。市辖牡丹区、曹县、定陶、成武、单县、巨野、郓城、鄄城、东明等1区8县和1个省级经济开发区, 面积12239km²。菏泽正处于工业化初期阶段, 工业还比较落后, 对农业、建筑业和第三产业的带动力不大。

菏泽市除黄河滩区379 km²为黄河流域外, 其余均为淮河流域。市域内主要有洙赵新河、万福河、东鱼河、太行堤河、黄河故道5条河流, 均流入南四湖。

2 水环境问题分析

2.1 水环境质量现状

近年来, 伴随着城镇化和工业化进程的加快, 菏泽市水环境污染问题日渐突出。菏泽市环境监测中心站对市辖区内的洙赵新河、万福河、东鱼河等3条主要河流及其支流共13个监测断面进行例行监测, 监测结果见表1。

洙赵新河综合污染指数为4.745, 污染分担率占全市河流的43.34%, 在3条主要出境河流中位居第一。主要超标项目为化学需氧量、生化需氧量、氨氮和高锰酸盐指数。

万福河综合污染指数为3.406, 污染分担率占全市河流的31.11%, 在3条主要出境河流中位居第二。主要超标项目为生化需氧量、化学需氧量、

氨氮和高锰酸盐指数。

东鱼河水质综合污染指数为2.797, 污染分担率占全市河流的25.55%, 在3条主要出境河流中位居第三。主要超标项目为化学需氧量、高锰酸盐指数、生化需氧量和氨氮。

从水环境质量现状来看, 以市域中北部地区污染较重, 污染特征以有机污染为主。近年来, 3条主要河流综合污染指数变化情况如图1所示。

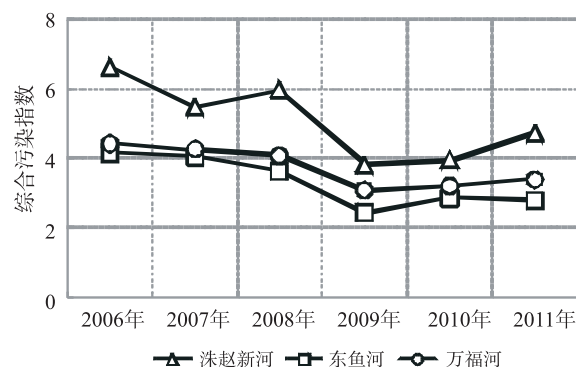


图1 近年来菏泽市主要河流水环境综合污染指数年际变化图

2.2 水环境容量现状

菏泽是全国著名的“牡丹之乡”, 处于南水北调东线上游, 绝大部分地区属于淮河流域南四湖水系, 全市产生的工业废水和生活污水分别通过洙赵新河、东鱼河和万福河流入南四湖。

由于菏泽市水环境污染主要排入河流中, 本文暂不考虑对湖泊和水库的影响, 只计算河流水环境主要污染物承载率, 用以表征水环境容量承载现状。

考虑到指标的可得性以及当地水污染的实际情况, 选取COD和氨氮作为主要评价指标, 参考相关资料和文献, 得到菏泽市COD和氨氮的环境容

收稿日期: 2012-07-09

作者简介: 侯艳玲 (1983-), 山东潍坊人, 硕士, 工程师, 从事水环境保护研究。

量值。假定在一定时期内水环境容量为定值，计算菏泽市水环境中主要污染物的承载率。

由计算可知，2010~2011年菏泽市COD环境容量承载率为9.30~9.60，氨氮环境容量承载率为7.90~8.30，污染物入河量远远大于当地的水环境容量。

从山东省地表水环境污染现状来看，山东省

COD环境容量承载率为2.5~5.0，氨氮环境容量承载率为5.0~11.0^[1]，COD和氨氮等主要污染物排放量位居全国前列。污染物入河量远远大于水环境容量，处于超载状态。而菏泽市化工行业企业繁多，人口密度大，污水处理设施配套不够，使得大量污染物进入水体，加之河流水环境容量偏小，现状水环境处于严重超载状态。

表1 2011年菏泽市主要河流水质监测结果 (mg/L)

河流	化学需氧量	生化需氧量	高锰酸盐指数	氨氮	挥发酚	石油类	现状水质类别	
洙赵新河	年均值	34.5	8.90	7.52	1.62	0.001	0.09	V
	超标倍数 (超IV类)	0.15	0.48	0	0.08	0	0	—
东鱼河	年均值	23.9	5.15	4.70	0.68	0.001	0.06	IV
	超标倍数 (超IV类)	0	0	0	0	0	0	—
万福河	年均值	28.6	6.42	5.76	0.85	0.001	0.07	IV
	超标倍数 (超IV类)	0	0.07	0	0	0	0	—
地表水环境IV类标准	≤30	≤6	≤10	≤1.5	≤0.01	≤0.5		

注：数据来源于《菏泽市环境质量报告书（2011）》。

表2 菏泽市河流环境主要污染物承载率计算

指标	年份	环境容量/t	污染物入河量/t	环境承载率
COD	2010年	10381	97535	9.39
	2011年	10381	99108	9.54
氨氮	2010年	1123	8936	7.95
	2011年	1123	9248	8.23

注：COD环境容量数据摘自张红等《基于水环境容量资源测算山东省最优经济规模》；氨氮环境容量数据摘自张晓东等《山东省河流水环境容量研究》。

2.3 污染源识别

根据菏泽市历年来污染源普查数据^[2]：农业源是菏泽市最主要的水污染排放源，农业源COD排放量约占全市COD排放总量的50%以上，氨氮约占总量的40%；其次是工业源和生活源，以及固体废物处置场产生的少量污染物。

从区域废水排放量来看，以牡丹区和东明县排放量最大，其次是巨野县和曹县；工业废水排放量以东明县和巨野县最大，其次为牡丹区和鄄城县。

从行业废水排放量来看，全市工业归属为23个行业，废水排放量最大的是造纸及纸制品行业，其次是化学原料及化学制品制造业和农副产品加工业。

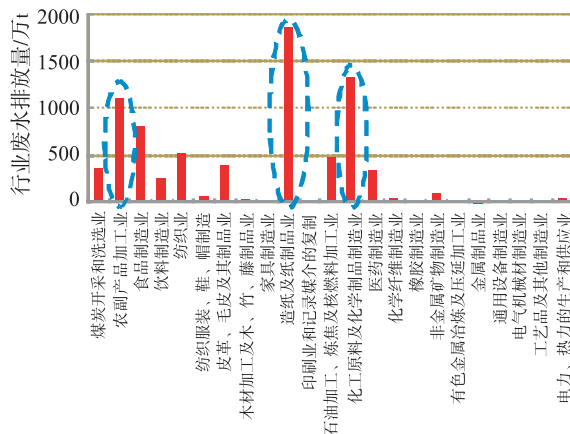


图2 菏泽市工业行业废水排放情况

2.4 水环境污染原因识别

(1) 经济增长速度加快，带来环境污染的加剧。2005~2010年，菏泽市国内生产总值年均增长22.3%，是近三十年以来发展最快的时期，人民生活水平也有所提高。水环境质量也随着工业废水和生活污水排放量的增多而变差。

(2) 产业结构趋于重型化，排放控制压力大增。根据菏泽市的产业发展规划，以煤炭、石油为主的重化工业将优先发展。以东明、巨野化工产业带为主的化工业，基本上均为高耗能、高污染的产

业,产业链低端,结构性污染严重。

(3) 工业污染治理设施建设滞后,污染物达标排放不稳定。重点工业企业排污口达标水平低,很多重点企业均存在超标问题。原因既有工艺水平问题,也存在企业内部环境监管问题。工业污染治理设施滞后,是造成排放不达标的一项重要原因。

(4) 生活污水管网建设不配套,污水处理设施不足。菏泽市中心城区老城区合流制管段较多,新城区污水管道覆盖率低,造成污水收集率低。部分县城污水处理厂没有预留备用地,远期难以扩建。现有污水处理厂规模不能满足生活污水的收集和处理需求。

(5) 农业面源污染严重。现代农业和农村工业发展以及农民生活的改善会导致农村面源污染加剧。化肥、农药的不合理施用,带来河流水环境污染加重。

3 水环境保护策略探讨

从菏泽市未来发展的空间布局来看,不同地区水环境保护的重点应有所侧重:北部地区重点是资源开发和重化工业发展过程中的水环境保护,南部地区重点是农业发展过程中的水环境保护,中部地区主要是生活污水的防治。

3.1 工业水污染防治对策

3.1.1 造纸及纸制品业

造纸企业应通过在生产过程中实施清洁生产配合末端深度治理,达到国家新排放标准的要求^[3]。

(1) 开展清洁生产审核,保障造纸企业达到清洁生产一级水平。根据菏泽市造纸企业分类现状,分别对木制浆造纸企业和废纸造纸企业提出强制性清洁生产审核要求(菏泽市现状无麦草浆造纸企业)。木制浆造纸企业参照硫酸盐化学木浆生产工艺造纸工业清洁生产标准^[4],废纸造纸企业参照废纸制浆造纸工业清洁生产标准^[5]。

(2) 加大末端治理,保障主要污染物浓度达到国家新排放标准要求。造纸废水末端治理一般采用物化+生化联合处理方法。参考山东某企业的成功治理经验,在好氧生化处理的基础上串联深层厌氧系统,经厌氧处理后去除40%左右的COD,且改变了废水的BOD/COD比,提高废水的可生化性。经由该系统处理后的出水浓度能够稳定在100mg/L以下^[6]。如果物化+生化两级处理后没有达到良好效果,后续可再串联一级物化处理单元,深度去除一些悬浮物、污泥和其中的有机物。

(3) 加强节能减排,提高资源综合利用水平。

重视废纸回收和二次纤维资源利用。贯彻落实国家发改委、科技部等六部委联合发布的《中国资源综合利用技术政策大纲》(2010年第14号),明确废纸在资源节约、环境保护和制浆造纸等方面的重要地位,规范废纸分类、收购、打包、销售行为,建立合适的废纸回收利用体系。

3.1.2 化工原料及化学制品制造业

(1) 加快化工产业集聚步伐,建立生态化工园区。生态工业园区使得“废弃物”可以被其他企业作为有用资源投入生产,减少总体资源消耗,获得更大的经济效益和环境效益。菏泽市处于工业化发展的起步阶段,应把握发展时机,将推进生态工业园区建设的理念贯穿于规划、设计、建设、运营的全过程。建设过程中可重点依托现有的工业园区,结合当地的资源优势和产业优势,促进污染项目集中布点、集中治理和达标排放。

(2) 依托绿色开采技术,减少资源开采区的水环境污染。未来一段时间菏泽市的煤炭资源开发力度将会明显加大,应大力推广绿色开采技术,合理开发利用资源,减少对水环境的影响,减缓矿区水环境的恶化。

(3) 加强末端治理。化工废水中含有易分解有机物和难分解有机物,易分解有机物包含苯类化合物和酚类化合物,还有萘、砒咯、呋喃类等;难分解物包含喹唑、联苯类等。目前国内外主要采用物化、生化结合的方法处理煤化工废水,在经过气浮、隔油等物化预处理措施之后,采用缺氧、好氧生物法进行再处理,多采用A/O工艺。其中好氧生物法处理后的煤化工废水的COD不能稳定达标,因为废水中的杂环类和多环类化合物较难被去除。浊度和色度很高是生化法处理过的煤化工废水的另一个缺点,需要进一步深度处理,降低COD、浊度和色度以及氨氮等指标。

3.1.3 农副产品加工业

农副产品加工业废水的特点是有机物质和悬浮物含量高,可生化性能较高。目前这类废水处理方法主要有物化法和生化法。物化处理通常采用混凝法、气浮法和吸附法等,主要是对水中悬浮物质、胶体物质及溶解物质的去除,作为生化处理工序的预处理或后续处理工序。常见的处理工艺有氧化沟法、生物接触氧化法、活性污泥法和深井曝气法。

3.2 生活源水污染防治对策

菏泽市近几年加大了城市生活污染物的治理力度,在各县、区建设了污水处理厂,但生活污水的处

理距生态市的要求还有较大的差距。今后工作的重点是加快完善城市排水设施,建立城市污水管网系统。

在排水量大的区县(如:牡丹区、曹县和单县),应建设集中式生活污水处理设施,或对已有处理设施进行扩建和工艺改进;在排污量规模较小的区县,应采取氧化塘、湿地等小型、生态的处理方式。在具备条件地区应推进污水资源化工作,应将污水厂退水回用于城镇绿化、浇洒道路等用途。同时,应妥善处置污水处理过程中产生的污泥,防止二次污染。

3.3 畜禽养殖业水污染防治对策

引导集约化养殖场替代小型养殖场。这样不仅便于环保部门监管,而且大型养殖企业也有治污的经济能力。禁止“水冲粪”处理粪便方式,通过政策鼓励、资金补贴等形式,鼓励企业参与建设畜禽粪便综合利用项目,利用畜禽粪便进行沼气发电、生产有机肥等。

3.4 种植业水污染防治对策

大力推广测土施肥工作,减少肥料流失。合理规划种植业布局,对坡地、岸边滩地要加大退耕还林、还草的力度。同时推进生态农业、节水农业,以有机肥替代化学肥料、以生物防治害虫替代喷洒农药、以节水灌溉替代漫灌,减少污染物排放和水资源浪费。

3.5 农村水环境综合整治措施

加大对农村整治工程的支持力度和对污染源的普查力度,尤其是加强农村、小城镇污染源的管理。因地制宜地建设城镇污水处理设施和垃圾处理设施。开发农膜回收利用技术,解决农村白色污染问题,

推广使用土壤生物修复技术。发展沼气、节能灶等新能源和新型节能技术,加强农村能源综合建设。

4 主要结论

(1) 菏泽市3条主要河流水环境质量均超出环境功能区划的相应类别标准,以有机污染为主。水环境容量承载力已经远超出其环境容量实际可承载能力,其中COD入河量超出环境容量的9~10倍,氨氮入河量超出环境容量的7~8倍。

(2) 菏泽市北部地区主要是在煤炭资源开发和化工行业的发展过程中的工业废水污染,中部地区以生活污水排放为主,南部地区以农业面源污染为主。从工业污染角度分析,主要的污染行业是造纸及纸制品业、化工原料及化学制品制造业和农副产品加工业。

(3) 结合菏泽市水环境污染现状,在未来的发展过程中:市域北部地区应注重资源开发和重化工行业发展过程中的工业废水污染治理,南部地区重点是农业发展过程中的面源污染防治,中部地区主要是生活污水的防治。

参考文献:

- [1] 杜金辉. 山东省水环境承载力研究 [D]. 济南: 山东大学, 2008.
- [2] 菏泽市环境保护局. 菏泽市环境质量报告书 [R]. 2006-2011.
- [3] GB3544-2008, 制浆造纸工业水污染物排放标准 [S].
- [4] HJ/T340-2007, 硫酸盐化学制浆工艺生产造纸工业清洁生产标准 [S].
- [5] HJ468-2009, 废纸制浆造纸工业清洁生产标准 [S].
- [6] 张源, 霍太英. 造纸行业结构性污染治理的启迪 [J]. 环境保护, 2005, (9): 60-63.

A Discussion of Water Pollution and Water Environment Protection Countermeasures in Heze City

HOU Yan-ling

(Beijing Tsinghua Urban Planning & Design Institute, Beijing 100085 China)

Abstract: This paper conducts an analysis on the status of the water pollution in Heze City, and discusses the main problems of its water environment. It also identifies the main pollution sources, and puts forward the countermeasures and suggestions to improve the water environment. Spatially said, the focus of the water environment protection varies from part to part of the city. In its northern part, the water environment needs to be protected from the resources development and heavy chemical industrial development; while the threat of the water environment in the southern city comes from the agricultural development, and the central part of the city is facing the problem of the domestic sewage.

Key words: water pollution; current situation; problem; measures; Heze City

“十一五”期间昆明市工业固体废物现状分析及污染防治对策

王红梅, 丁宏翔, 杨小珊

(昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650228)

摘要: 对2006~2010年昆明市工业企业固体废弃物的类型、产生量、综合利用率等进行分析, 并与“十五”期间情况进行对比, 找出目前存在的问题, 提出污染防治对策。

关键词: 工业固体废物; 产生量; 综合利用率; 防治对策; 昆明市

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0045-04

“十一五”期间, 昆明市城市建设规模不断扩大, 经济迅猛发展, 全市人均国内生产总值增加了89.9%, 是经济发展速度最快、新上项目最多、投资增长最有成效的五年。随着经济的持续快速发展, 工业固废产生量日益增大, 其所带来的环境问题日益突出, 工业固废处置能力不足、利用不规范、管理不到位等问题逐渐显现, 环境安全和资源利用问题日益突出。如何从根本上减少工业固废产生量, 有效地利用可用成份, 加强固体废物后续管理, 将直接影响昆明市环境质量。

1 “十一五”期间昆明市工业固体废物处理处置分析

“十一五”期间, 昆明市随着工业生产的快速发展, 固体废物的产生量逐年增加, 对固体废物的综合利用和处理处置也有相应的提高。下述数据来源于2005~2010年昆明市环境统计数据。

1.1 昆明市工业固体废物产生及处理处置状况分析

昆明市工业固体废物主要来源于冶金、钢铁、化工、机械、建材、电力等工业行业生产和加工过程中产生的固体废物。其中, 产生量较大的是其它废物(绝大部分为磷石膏)、冶炼废渣、粉煤灰、炉渣、脱硫石膏和尾矿等。“十一五”期间, 五年产生工业固体废物9663.25万t, 综合利用量3774.96万t, 综合利用率为39.07%; 处置量5559.20万t, 处置率为57.53%; 贮存量315.03万t, 贮存率3.26%; 排放量105.96万t, 排放率1.10%。排放量中基本是东川区工矿企业生产遗留的尾矿, 占全市固体废物排放量的98.9%, 所排放的尾矿都集中于东川区内各矿区。详见表1及图1。

1.2 昆明市主要工业固体废物的类型及处置状况分析

表1 “十一五”期间工业固体废物处理处置对照表 (万t)

年份	产生量	综合利用		处置量		贮存量		排放量	
		数量	比率/%	数量	比率/%	数量	比率/%	数量	比率/%
2006~2010 合计	9663.25	3774.96	39.07	5559.20	57.53	315.03	3.26	105.96	1.10

昆明市工业固体废物主要是冶炼废渣、炉渣、尾矿、粉煤灰和脱硫石膏。五年产生量: 冶炼废渣1950.01万t, 粉煤灰811.31万t, 炉渣394.97万t, 尾矿873.37万t, 脱硫石膏114.60万t。上述五类固体废物总量4144.26万t, 占全市工业固体废物总产生量的42.9%。而环境统计固体废物产

生量中的其他废物为5019.22万t, 据调查其他废物中绝大部分是磷石膏, 约占全市工业固体废物总量的50%以上。磷石膏是昆明市磷化工产业特有的固体废物, 由于含多种杂质, 资源化利用已是老大难问题, 综合利用率较低, 已严重制约昆明市工业固体废物资源化利用率的提升, 现阶段的主要处置方式为堆存, 不仅占用大量土地, 而且容易造成环境污染。

工业固体废物的综合利用率分别为：冶炼废渣 66.50%，炉渣 88.14%，粉煤灰 79.05%，尾矿 31.77%，脱硫石膏 88.72%。五种主要工业固体废物五年综合利用总量 1286.75 万 t，占全市综合利用总量的 70.95%。其中煤矸石的利用率最高，占产生利用量的 86.9%，其它废物（绝大部分为磷石膏）综合利用率最低，占产生利用量的 18.0%。详见表 2 及图 2、图 3。

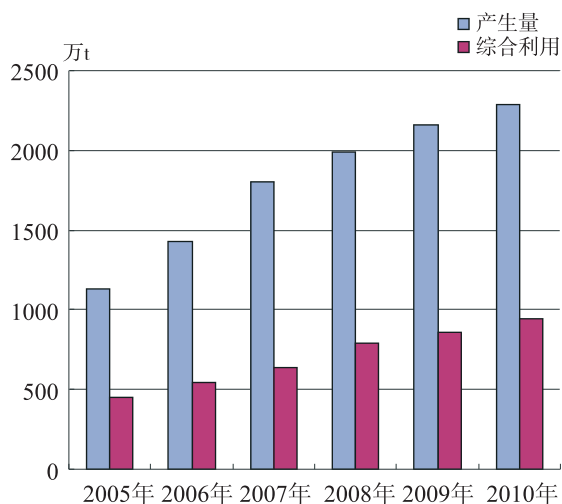


图1 2005~2010年工业固体废物产生量及综合利用量变化

2 与“十五”期间固体废物处置情况比较分析

“十一五”期间，工业固体废物产生量是“十五”期间产生量的 1.15 倍。综合利用量提高 0.95 倍；处理处置量增加 2.49 倍；贮存量降低 45.64%；排放量降低 77%。

表 2 “十一五”期间主要工业固体废物各类别产生情况统计表 (单位: 万 t)

工业固体废物分类	产生量	综合利用量	利用量占产生量的百分比	利用量占全部利用量的百分比
冶炼废渣	1950.0	1296.7	66.5	36.4
粉煤灰	811.3	641.3	79.1	18.0
炉渣	395.0	348.1	88.1	9.8
煤矸石	3.8	3.3	86.9	0.1
尾矿	873.4	277.5	31.8	7.8
脱硫石膏	114.6	88.7	77.4	2.5
其它废物（绝大部分为磷石膏）	5019.2	905.7	18.0	25.4
危险废物	1.3	1.1	85.0	0.1
合计	9168.6	3562.4	532.8	100.0

“十一五”末期的 2010 年和“十五”末期

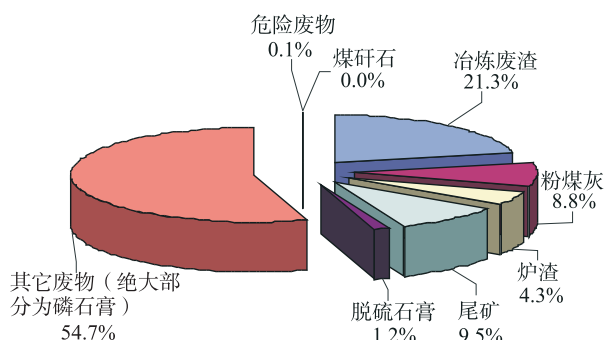


图2 “十一五”期间昆明市主要工业固体废物产生量比例图

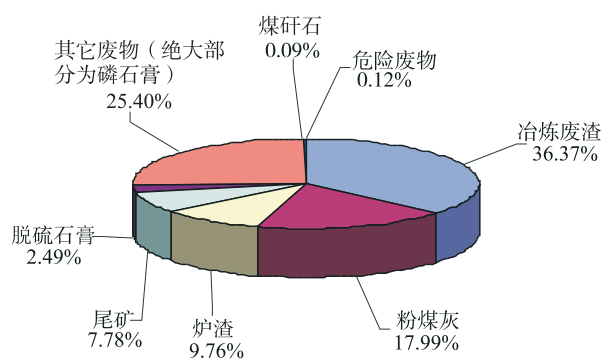


图3 “十一五”期间昆明市主要工业固体废物综合利用量占全部利用量的比例图

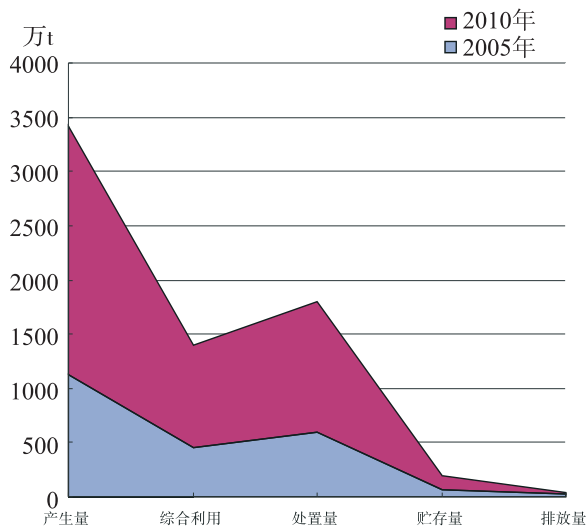


图4 2010年与2005年工业固体废物比较图

2005 年相比，2010 年产生固体废物 2284.02 万 t、综合利用量 944.03 万 t、处置量 1207.13 万 t、贮存量 125.55 万 t，分别比 2005 年增加 1.02 倍、1.09 倍、1.02 倍、0.96 倍；排放量 9.48 万 t，分别比 2005 年降低 0.7 倍。详见图 4。

3 2010 年昆明市工业固体废物分布情况

昆明市工业固体废物主要分布在安宁市、西山区、东川区、宜良县、寻甸县、富民县、晋宁县和

五华区等8个县(市)区。从2010年环境统计资料分析,该8个县(市)区工业固体废物产生量达22284.41万t,占全市总量的97.57%。其中,安宁市占42.61%、西山区占23.08%。禄劝县、石林县、嵩明县、官渡区、盘龙区等5个区县的工

业固体废物综合利用率高于95%,而安宁市、东川区、晋宁县、西山区、富民县等综合利用率低于50%,其中富民县的综合利用率最低,为3.47%。详见图5。

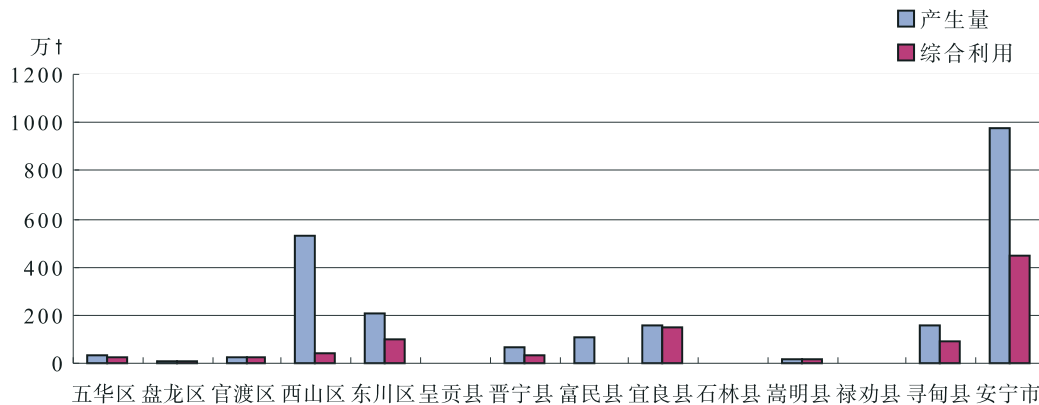


图5 2010年昆明市各县市区工业固体废物产生量及综合利用量比较图

4 “十一五”期间工业固体废物排放趋势

4.1 排放情况

与“十五”末期2005年比较,“十一五”末期2010年全市工业固体废物产生量增加101.8%,排放量削减70.08%;与“十五”期间相比,工业固体废物产生量增加115%,排放量削减77%。

4.2 工业固体废物排放强度

“十一五”期间,全市工业固体废物排放量年均削减27.87%,工业固体废物排放强度(即万元工业增加值固体废物排放量)年均削减35.49%;与“十五”末期相比,工业固体废物排放强度降低83.711%。

5 结论

“十一五”期间,五年产生工业固体废物9663.25万t,综合利用量3774.96万t,综合利用率为39.07%,处置率为57.53%,贮存率3.26%,排放率1.10%。排放量中基本是东川区工矿企业生产遗留的尾矿,占全市固体废物排放量的98.9%。

“十一五”期间,工业固体废物产生量是“十五”期间产生量的1.15倍。综合利用量提高0.95倍,综合利用率降低3.97个百分点;处理处置量增加2.49倍,处置率提高22.07个百分点;贮存量降低45.64%;排放量降低77%。

“十一五”末期的2010年和“十五”末期2005年相比,2010年产生固体废物2284.02万t、

综合利用量944.03万t、处置量1207.13万t、贮存量125.55万t,分别比2005年增加1.02倍、1.09倍、1.02倍、0.96倍;综合利用率增加1.86个百分点,处置率增加0.15个百分点;排放量9.48万t,分别比2005年降低0.7倍。

6 “十一五”期间工业固体废物的主要问题

(1) 昆明市的工业固体废物资源化利用率低。“十一五”期间昆明市工业固体废物综合利用量虽然有所增加,但综合利用率维持在35.4%~41.3%,资源化利用率与全国水平相比相对偏低,固废中磷石膏难以资源化利用成为制约昆明市工业固废资源化水平提高的主要障碍,因而资源化利用工作亟待进一步加强。

(2) 工业固废种类较多,处理难度大。昆明市工业固体废物的产生涉及到33个行业的27个种类,固废产生的种类较多,为资源化利用带来了较大难度。

(3) 工业固废的主要处置方式仍为堆存,不仅占用大量土地,而且容易造成环境污染。随着固体废物的不断增加,处置、贮存将占用越来越多的土地,乱排乱放将埋下环境风险,影响环境景观。而且经过雨水长期浸淋,固体废物中的有害物质会发生迁移,不仅会污染堆放地的土壤环境,还可能随雨水径流进入周围水体,污染水环境。

(4) 昆明市工业固体废物的综合利用率存在地区差距。禄劝县、石林县、嵩明县、官渡区、盘

龙区等5个区县的工业固体废物综合利用率高于95%，而安宁市、东川区、晋宁县、西山区、富民县等综合利用率低于50%，其中富民县的综合利用率最低，仅为3.47%。

7 防治对策及建议

(1) 切实加强健全工业固体废物的管理体制。根据环保工作“属地化、制度化、经常化”的管理原则，充分发挥“市、区两级管理”在环境管理中的作用，加强对固体废物产生、运输、处置的全过程监管。加强环保部门的现场监管力度，以达到全方位监控各类固体废物产生企业，建立从产生、贮存、转移、利用到最终安全处置的全过程控制管理体系。

(2) 加大执法力度，提高监管能力和监管效率。在进一步完善各项管理制度的同时，充分利用行政许可、行政收费、行政处罚等手段，强化对工业固废的监督检查。不仅要严格落实工业固废申报登记制度，组织新建、改建、撤销的产生工业固废的企业认真进行申报登记，确保工业固废产生源的真实性，还要加强对工矿企业固体废物贮存、处理处置工作的监督管理，对任意乱排放废物的单位，进行严肃处理。

(3) 以资源节约和高效利用为目标，推进生产、流通、消费各环节循环经济发展，减少污染物

排放量。以重点领域低碳化为突破口，发展低碳产业，倡导低碳行为，增强可持续发展能力。在发展的同时，加强对固体废物治理和综合利用研究的投资。

(4) 提高资源综合利用水平。推广使用先进工艺和设备，加强对共生、伴生资源进行综合开发和回采利用。提高粉煤灰、磷石膏、炉渣、冶炼废渣、尾矿等工业固体废物的回收和循环利用，有效减少废弃物的产生。特别是针对磷石膏利用中技术难题，加大磷石膏安全、可靠的堆存技术，清洁、适用的预处理技术，节能、环保、高效的煅烧技术和设备以及磷石膏利用新途径的研发力度，扩大磷石膏的利用范围，实现磷石膏循环利用的技术突破，全面提高工业固体废物的资源化利用率。

(5) 以工业园区为载体，发展循环经济，努力实现工业固废资源化。通过产业结构的优化和调整，实现资源、能源的循环利用和梯级利用，促进资源利用的最大化和废物排放的最小化，减轻工业固体废物对生态环境的影响，最终建立循环经济体系，实现固体废物资源化利用的最大化和废物的“零”排放。

(6) 对某些固体废物资源的开发，政府应施以政策鼓励和保护，尽可能地促使其形成一定规模的产业，使其长期、有效地发挥作用。

Analysis of Current Industrial Solid Waste Situation and Its Pollution Control Countermeasures in Kunming City during the 11th Five Year Plan Period

WANG Hong-mei, DING Hong-xiang, YANG Xiao-shan

(Kunming Municipal Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: This article analyzes the types, production and utilization of the industrial solid waste in Kunming during 2006–2010. The situation of this period is compared with that of the 10th Five-Year Plan period. The existing problems are identified and the pollution prevention and control countermeasures are proposed.

Key words: industrial solid waste; production; comprehensive utilization rate; prevention and control countermeasures; Kunming City

香格里拉城区空气污染特征及其变化趋势分析

高春燕, 杨海云, 周 卉

(迪庆州环境监测站, 云南 香格里拉 674400)

摘要: 采用污染物平均负荷系数分析法和污染物 Separman 秩相关系数分析法, 对香格里拉县城区 2008~2011 年 5a 环境空气污染特征及其变化趋势进行分析, 得出影响香格里拉县城大气环境质量的主要污染物是可吸入颗粒物。可吸入颗粒物呈下降趋势, 二氧化硫呈上升趋势, 二氧化氮变化平稳。

关键词: 空气质量; 污染特征; 变化趋势; 秩相关系数法; 香格里拉城区

中图分类号: X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0049-02

1 香格里拉城区大气污染现状

香格里拉县城位于云南省西北部迪庆州香格里拉县中部, 地处青藏高原南延部分, 海拔 3300m, 属高寒坝区, 是迪庆州政治、经济、文化教育中心。

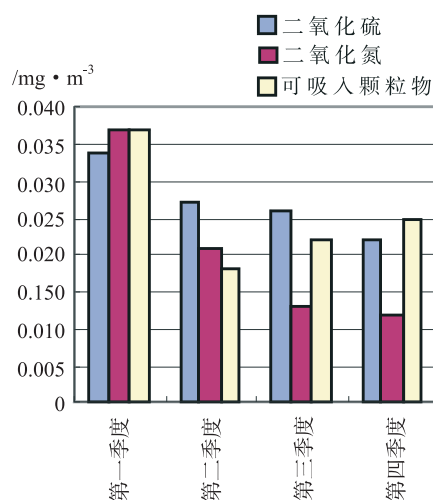
香格里拉城区没有大型的工业企业, 环境空气污染源主要有以下几类: 宾馆、饭店用锅炉; 居民生活源包括居民户、食堂、饮食店的大小炉灶; 尘土源包括裸露土地、建筑挖掘、土及砂运输; 流动源即机动车。香格里拉县城空气污染源中, 锅炉主要是排放燃煤烟气, 居民生活源以柴薪和燃气为主, 少量使用煤, 机动车流动源主要释放光化学气体, 尘土源产生环境空气中的降尘和可吸入颗粒物。

从 2011 年环境空气监测数据可看出, NO₂ (二氧化氮)、SO₂ (二氧化硫)、PM₁₀ (可吸入颗粒物) 平均值分别为 0.019 mg/m³, 0.011 mg/m³, 0.031 mg/m³, 均达到《环境空气质量标准》GB 3095-1996 二级标准, 超标率为零。2011 年全年实测天数 359d, 其中空气质量状况优为 354d, 良为 5d。

2 香格里拉城区大气污染分析

2.1 香格里拉县城 2011 年各季度大气污染物的变化

2011 年四个季度的二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度变化如图 1 所示。二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物均达到日均值二级标准。



从图 1 可以看出二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物第一季度均为最高, 可吸入颗粒物三、四季度次之, 第二季度最低。二氧化硫和二氧化氮二、三季度次之, 第四季度最低。

2.2 大气污染物平均负荷系数分析

为确定各污染因子的重要性顺序, 用污染负荷系数来分析各污染物的构成比例, 对香格里拉县城区环境空气质量进行评价。

污染物负荷系数公式: $f_i = P_i / \sum P_i$

其中 $P_i = C_i / S_i$

f_i —污染物 i 的负荷系数;

C_i —污染物 i 的年均值;

S_i —污染物 i 的评价标准;

P_i —污染物 i 的单项质量指数。

2.3 香格里拉县城 5a 大气污染物的平均负荷系数

二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物采用日均值二级标准, 各污染物的评价标准: SO₂ 为 0.06 mg/m³, NO₂ 为 0.08 mg/m³, PM₁₀ 为 0.10 mg/m³, 用污染负荷系数来分析各污染物的构成比例。根据

收稿日期: 2012-07-01

作者简介: 高春燕 (1978-), 女, 云南迪庆人, 大学本科, 工程师, 主要从事水、大气环境监测方面的工作。

污染物平均负荷系数分析公式，计算出2007~2011年香格里拉县城区大气污染物的平均负荷系数（表1）。

表1 香格里拉县城大气污染物平均负荷系数 (%)

年度	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
2007	10.1	37.9	52.0
2008	31.7	23.8	44.5
2009	37.6	17.3	45.1
2010	41.5	18.0	40.5
2011	46.7	27.3	26.0
平均值	33.5	24.9	41.6

从表1中可见县城3项污染物的污染负荷系数大小依次为可吸入颗粒物 > 二氧化氮 > 二氧化硫，说明从2007~2011年影响香格里拉县城大气环境质量的主要污染物是可吸入颗粒物。

3 香格里拉县城大气污染变化趋势分析

大气环境质量污染趋势分析采用污染物 Separman 秩相关系数法，将各要素的样本值按数据的大小顺序排列位次，以各要素样本值的位次代替实际数据而求得统计量。

$$r_s = 1 - (6 \sum d_i^2) / (n^3 - n)$$

式中： r_s 为秩相关系数；

d_i 为变量 x 和变量 y 的差值， $d_i = x_i - y_i$ ；

x_i 为周期 i 到周期 n 按浓度值从小到大排列的序号；

y_i 为按时间排列的序号。

根据污染物 Separman 秩相关系数法对香格里拉县城5a的监测数据进行分析研究，根据监测统计数据，计算得出各污染物秩相关系数 (r_s) 见表2。

表2 各污染物秩相关系数 (r_s) 及变化趋势

污染物	r_s	W_p (临界值)
SO ₂	1.0	0.9
NO ₂	-0.3	0.9
PM ₁₀	-1.0	0.9

从表2中可以看出：二氧化硫和可吸入颗粒物 $|r_s| > W_p$ ，表明变化趋势有显著意义；二氧化硫 $r_s = 1$ ，表明在2007~2011年5a的时间内二氧化硫变化为上升趋势；可吸入颗粒物 $r_s = -1$ ，说明在2007~2011年5a的时间内可吸入颗粒物呈现下降趋势；二氧化氮 $|r_s| \ll W_p$ ，没有显著意义，说明在2007~2011年5a的时间内二氧化氮变化平稳。

4 结论

香格里拉县城环境空气质量总体优良。2011年全年实测天数359d，其中空气质量状况优为354d，良为5d。主要影响因素为可吸入颗粒物，其次是二氧化硫和二氧化氮。可吸入颗粒物呈下降趋势，二氧化硫呈上升趋势，二氧化氮变化平稳。

参考文献：

- [1] 本书编委会. 空气和废气监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [2] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] GB 3095-1996, 环境空气质量标准 [S].
- [4] 江承伟. 昭通市环境空气污染特征及其变化趋势分析 [J]. 云南环境科学, 2003, 22 (S1): 175-176.
- [5] 万黎. Separman 秩相关系数的批量计算 [J]. 环境保护科学, 2008, 34 (5): 53-55.
- [6] 许晶. 湖南省城市环境空气质量变化与防治对策研究 [J]. 环境科学与管理, 2011, 36 (1): 121-125.

An Analysis of Air Pollution Characteristics and Its Development Trend in Urban Center of Shangri-La

GAO Chun-yan, YANG Hai-yun, ZHOU Hui

(Diqing Environmental Monitoring Station, Shangri-la Yunnan 674400 China)

Abstract: The air pollution characteristics and its development trend in the urban Shangri-la from 2008-2011 is analyzed in this article, by using the pollutant average load factor analysis and the pollutant Separman rank correlation coefficient analysis. It shows that its major air pollutant is inhalable particulate matter which presents a declining trend. However, the sulfur dioxide goes upward and the nitrogen dioxide stays stable.

Key words: air quality; pollution characteristics; development trend; rank correlation coefficient method; urban Shangri-la

昆明市餐饮废水污染现状与防治对策

耿国斌

(昆明绿岛环境科技有限公司, 云南 昆明 650228)

摘要:通过对昆明市不同类型的餐饮业的废水排放特征、排放途径、主要污染物以及产生量、废水处理方式、城市污水收集系统进行深入分析, 提出餐饮业污染防治对策。

关键词: 餐饮; 废水污染; 防治对策; 昆明

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0051-03

随着城市及城市化的发展, 宾馆、酒店、餐馆的规模日益扩大, 数量日益增多, 随之产生的餐饮废水量越来越大。据不完全统计, 我国每年餐饮业排放的未经处理的废水达上亿吨, 且有不断增长的趋势。据资料报道, 餐饮废水排放量约占城市生活污水排放量的 3%, 但其 COD_{Cr} 的含量却占总负荷的 1/3。可见餐饮废水是高浓度污染源, 是城市周围水体受污染的主要原因之一。本文拟通过对昆明市不同类型的餐饮业的废水排放特征、排放途径、主要污染物以及产生量、废水处理方式、城市污水收集系统进行深入分析, 提出餐饮业污染防治对策。

1 餐饮废水污染现状分析

1.1 餐饮业的类型

昆明市餐饮业主要分为旅游饭店、餐厅(中餐、西餐)、自助餐和饭盒业、冷饮业和摊贩五大类。具体又分为三种类型: 便利型大众餐饮市场、高档型餐饮市场、气氛型餐饮市场。便利型大众餐饮市场都是大众消费, 讲的是实惠, 比如昆明宝善街饮食城、十里长街彝人家等; 高档型餐饮市场二级、三级城市非常多, 尤其在三级城市里; 气氛型餐饮市场是夹在高档和低档之间的档次, 主要是一些主题餐厅、气氛餐厅。

昆明市“退二进三”战略已于 2000 年前完成, 城市工业污染已被第三产业的餐饮业逐渐取代。整个城市餐饮业星罗棋布, 到处都是酒店、餐馆。

1.2 污水特性

餐饮废水中营养物成分极其丰富, 污染物成分比较复杂, 大多以胶体或悬浮物状态存在。主要成

分有食物纤维素、淀粉、脂肪、蛋白质、动植物油、各种佐料和洗涤剂等。这些物质对 COD 都有很大的贡献^[1]。国内几个主要大城市对餐饮业排放污水污染指标检测的结果显示: COD 为 500 ~ 1000mg/L, BOD 为 300 ~ 400mg/L, SS 为 300 ~ 400mg/L, 油脂在 150mg/L 以上。餐饮废水的污染程度随餐饮业的规模和就餐时间有很大的变化, 一般酒店用餐高峰时排放的餐饮废水污染最为严重。

随机对昆明 7 家不同规模餐馆排放的餐饮废水进行取样分析, 废水中各项污染物指标浓度见表 1。从表 1 中可看出, COD、动物油、悬浮物是餐饮废水主要污染物, 其浓度较高, 浓度波动较大, 不同餐饮店污染物浓度也不一样。而氨氮浓度并不高, 这与食物蛋白质性质以及分解速率有密切关系。与国内大城市餐饮废水比较主要污染物浓度基本一致^[2]。

1.3 餐饮废水排放特征

昆明市餐饮业废水的排放特征分为两类: 一是经过三级隔油池后, 排入城市收集管网进入到相应区域的污水处理厂进一步处理达标后, 经河流进入滇池水体或经中水再处理后用于绿化等; 另一类是一些偏远的餐饮店, 所排废水直接进入周边河流或地表, 形成面源污染源。

1.4 餐饮废水产生量

经调查, 昆明市 2010 年限额以上的住宿和餐饮业有 241 个, 餐位达 115433 个, 餐饮面积达 384165m², 餐饮收入 24.207 亿元。这其中还未包括其他小型餐饮业, 如果加上这部分, 昆明市餐饮业大约有上万家。按有关参数统计计算, 即城市餐饮废水一般占到城市污水的 3%。昆明市四区每天排放餐饮废水约 34500t。

表1 不同对象产生的餐饮废水中各项污染物指标分析结果 (mg/L)

取样对象	COD _{Cr}	NH ₃ -N	动植物油	SS	PO ₄ ⁻³
肯德基快餐店	1678~3648	0.86~0.97	75.7~141	111~461	10.4~13.6
黑砂锅毛肚火锅店	311~312	2.274~2.510	4.87~5.67	190~213	0.802~0.816
香天下火锅餐厅	441~936	8.274~9.672	27~30	64~70	1.20~1.22
陈萍餐馆	813~1800	1.641~2.494	49.8~56.0	249~391	6.69~7.75
如鱼海鲜楼餐厅	602~2890	0.702~1.839	44.5~136	46~70	0.946~6.26
宣威粗人老火腿	9450~9500	25.75~26.83	2891~3196	94~100	8.88~11.3
阳光餐厅	683~768	/	74.3~99.9	182~464	/

2 餐饮废水处理工艺分析

2.1 餐饮隔油池

目前国内大多数含油污水中均含有较多的漂浮物、悬浮物，有的甚至还含有大量的泥沙、剩余饭菜等杂质。含油废水如不经处理直接排入城市排水管道，即会形成所谓的“地沟油”，对排水设备和城市污水处理厂都会造成影响。流入到生物处理构筑物混合污水的含油浓度，通常不能大于30~50mg/L，否则将直接影响活性污泥和生物膜的正常代谢过程。隔油池借助油水比重差，采用自然上浮法^[3]分离去除废水中的可浮油与部分细分散油，同时将各种食物残渣过滤，通过隔油除渣使之达到污水综合排放三级标准（图1）。

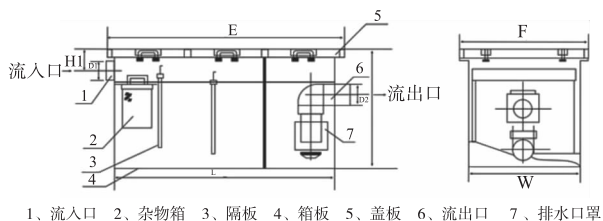


图1 餐饮废水三级隔油处理工艺框图

2.2 MBR 工艺

对于大型餐饮业或集中餐饮中心，通常将其餐饮废水经过处理后又用于辖区绿化、洗车、降尘等。此水通常要经过物理+生物技术联合处理工艺使之达到用水标准。

餐饮废水含有大量的油脂和悬浮物，在餐厅出口已建有隔油池，餐厅废水经隔油池处理后与客房生活污水混合进入废水处理站。实践证明，餐饮废水中的大量油脂需先经过隔油处理，才能够保护膜组件的长期稳定运行。该工艺设置两套膜组件和将膜生物反应池分为两格，可提高整个处理设施的耐冲击负荷，使其更能够适应不同时段水量的变化。此外应用膜生物处理能够保持较高的生物量和较长的污泥停留时间，剩余污泥量较少，一般1~2月才排一次污泥。对该技术而言，只需设置5~10m³的污泥干化池即可。

用膜生物处理技术处理餐饮废水和生活污水，出水水质达到生活杂用水标准，使污水再利用成为现实。昆明旅游度假区餐饮废水就是用膜生物反应器处理取得成功，出水水质优于GB8978-1996《污水综合排放标准》表4一级标准，达到GB/T18920-2002《城市污水再生利用—城市杂用水水质》标准，使处理后的水全部用于绿化。

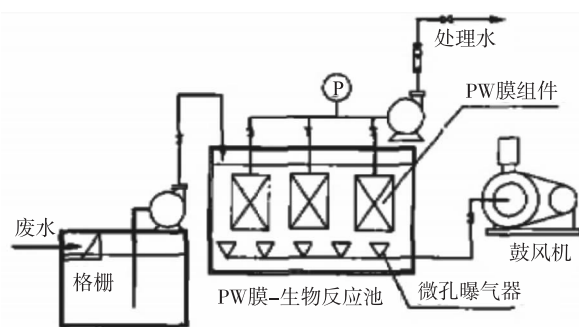


图2 Pw膜—生物反应器处理流程图

3 餐饮废水防治对策分析

3.1 污染治理

昆明市餐饮废水按照建设项目环境保护管理的相关规定，一般均建有相应的处理设施，但是绝大多数均流于形式，其餐饮废水直接进入城市管网，加大了污水处理厂的处理难度。另外昆明市主城区目前的污水收集体系还处于合流制，旱季还能保证城市污水纳入城市污水处理厂处理，到雨季时节，部分城市污水就直接通过河道进入湖泊。因此要加大督查管理力度，特别是集中式餐饮商城要将所有餐饮废水统一收集，采用油水分离+生物技术处理餐饮废水，使之达到城市杂用水标准用于绿化等场所，达到保护环境和节能减排的要求。

3.2 强化规划

政府要从重视城镇规划审批入手，从源头上解决问题。规划部门要制定出中心区餐饮服务行业的发展规划，县城及各乡镇建设若干餐饮服务商业街或中心，相对集中管理，强调合理布局，配套相关设施，避免“遍地开花”。逐步消除餐饮行业与居

民住宅相混杂的情况，引导餐饮行业向健康良性方向发展。

3.3 加强教育

要抓根源，督促和规范环保审批。餐饮服务业业主，大部分环保意识较差，不知道还要履行环保审批手续，环保部门要以完善环保审批为切入点，督促餐饮服务业严格进行环保审批，提高餐饮服务业业主环保法律法规和政策常识，提高环保意识，从思想上和行动上接受环保部门监管。首先由工商行政管理部门把好环保审批第一关。对餐饮行业的“环评”要讲科学，以对群众负责的态度，从服务的角度出发，对不具备开办餐饮条件的应予以坚决否决。

3.4 管理监督

环境监督监测部门要加大对餐饮行业的监督管理，保证正常防污设施的有效运转，加大行政处罚力度，特别是偏远的地区更要加强监督管理。要加强环境监测工作，为环境保护依法行政提供科学依据。依法征收排污费，用经济杠杆的手段来加强对餐饮企业的管理，使业主自觉加大环保投入，改善环境。

4 结语

(1) 昆明市的餐饮废水中 COD、动物油、悬浮物是餐饮废水主要污染物，其浓度较高，浓度波

动较大。而氨氮浓度并不高，这与食物蛋白质性质以及分解速率有密切关系。与国内大城市餐饮废水比较主要污染物浓度基本一致。

(2) 昆明市主城区目前的污水收集体系还处于合流制，旱季还能保证城市污水纳入城市污水处理厂处理，到雨季时节，部分城市污水就直接通过河道进入湖泊。而餐饮废水是一种高浓度的有机废水，其对水环境污染影响较大。

(3) 餐饮废水的污染防治主要从技术处理、监督管理、区域餐饮规划、宣传教育等方面开展工作。其中技术治理、监督管理、区域餐饮规划是餐饮废水最为重要的措施。通过这些措施能有效改善餐饮废水的污染，从源头上、过程中控制餐饮废水的污染影响。

参考文献:

- [1] 胡爽. 重庆市餐饮业废水主要污染因子排放系数及排放规律研究 [J]. 环境污染与防治, 2009, 30 (2): 100 - 103.
- [2] 林新斌. 餐饮废水处理技术进展 [J]. 污染防治技术, 2007, 20 (1): 45 - 48.
- [3] 高品. 餐饮废水处理技术探讨 [J]. 江苏环境科学, 2007, 20 (增刊): 90 - 92.
- [4] 何磊. 膜-生物反应器处理餐饮废水过程中溶解性有机物的迁移变化特性研究 [J]. 环境污染与防治, 2011, (1): 5 - 9.

Current Restaurant Wastewater Pollution and Its Prevention and Control Countermeasures in Kunming City

GEN Guo-bin

(Kunming Ludao Environment Technology Company Ltd., Kunming Yunnan 650228 China)

Abstract: In this article, the author gives a profound analysis of the effluent characteristics, the means of discharge, the major pollutants and production of the restaurant wastewater, as well as its treatment and the urban sewer network. The pollution prevention and control countermeasures are proposed.

Key words: restaurant; wastewater pollution; prevention and control countermeasures; Kunming

静态清灰袋式除尘技术的产业化推广问题探讨

李泓泽¹, 王 宝¹, 赵健飞²

(1. 华北电力大学经济与管理学院, 北京 102206; 2. 北京赫宸环境工程有限公司, 北京 100044)

摘 要:介绍了由我国自主研发的静态清灰袋式除尘技术, 并从该技术自身的技术经济优势以及趋严的工业烟尘排放标准两个方面分析得出静态清灰袋式除尘技术的产业化推广应用具有良好的基础, 进而结合该专利技术拥有企业自身的情况, 探讨了4种可能的产业化推广模式, 并对相应的市场效果进行了分析和预测。结果表明对该技术实施产业化推广是可行的。

关键词:静态清灰袋式除尘; 技术经济优势; 市场需求; 产业化推广; 市场效果

中图分类号: X701.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0054-04

我国是煤炭消费大国, 煤炭消费量逐年攀升, 工业化进程的不断推进以及环保标准欠缺完善, 对细微颗粒物如 $PM_{2.5}$ 的排放监管不到位。 $PM_{2.5}$ ^[1] 又称为可入肺颗粒物, 可以进入微支气管, 如肺部, 甚至通过肺泡进入血液, 危害人体健康。对于煤炭消费量占比巨大的电力行业, 2008年煤炭消费占比达到58.37%, 燃煤火电机组锅炉排放的烟气中含有大量的粉尘, 而当前95%的燃煤锅炉设备使用静电除尘器^[2], 尽管总除尘效率高达99%, 但静电分离除尘的工作原理决定了其对 PM_{10} 粉尘捕集率只有50%, 对 $PM_{2.5}$ 捕集率还不到5%, 对燃煤锅炉烟气中的悬浮颗粒物去除效率不高。此外, 钢铁、水泥、建材、冶金等行业也大多采用静电除尘器。

随着国家对环境质量重视程度的加深, 对工业环保力度的不断加大, 环保标准日趋严格, 如国家环保部发布的《火电厂大气污染物排放标准》(二次征求意见稿)^[3], 将火电厂烟尘排放标准由原先的 $50mg/m^3$ 降至 $30mg/m^3$ 。趋严的环保政策为行业寻求高除尘效率且具有技术经济优势的除尘技术提供了广阔的市场前景。

基于“静态气化清灰原理”, 由我国自主研发的静态清灰袋式除尘技术^[4], 通过采用外滤式的过滤方式和静态反吹的清灰方式, 能够有效增加滤袋使用寿命, 降低电能损耗, 对细微颗粒物的捕集效率很高, 技术经济优势极其明显。目前该专利技术

已成功应用于33项火电机组锅炉除尘改造或新建工程。在国家环保政策不断趋严、排放标准不断趋紧, 且该技术具有较大的技术经济优势形势下, 静态清灰袋式除尘技术的的市场需求将会不断增加, 为该技术的产业化推广奠定了基石的基础。本文结合该专利技术拥有企业自身情况, 探讨了静态清灰袋式除尘技术的产业化推广模式, 进而对未来10a该技术产业化推广相应的市场效果进行了分析和预测。

1 静态清灰袋式除尘技术介绍^[5]

静态清灰袋式除尘技术围绕着制约袋式除尘技术发展的关键科学问题, 在深入了解清灰机理的基础上, 创新性地提出了“静态气化清灰原理”, 从破坏粉尘与滤袋间的粘附力这一新角度来进行清灰, 改变了袋式除尘技术领域动态清灰理论的主导格局, 其优良的特性特别适合我国工业燃煤锅炉的备用锅炉少、煤种复杂、烟气条件多变的实际情况。

依据该原理研制的静态清灰袋式除尘器采用外滤式的过滤方式、静态反吹的清灰方式, 以锅炉引风机出口处的净化烟气作为清灰气源, 使用引风机出口与净气室之间的约3000Pa的压差进行清灰, 该技术的净烟气微压静态清灰可带来如下好处: ①清灰压力低, 不会破坏初始粉尘层, 对于亚微米粉尘的除尘效率高于90%, 避免深度破坏灰滤层从而影响到粉尘排放的稳定性。②清灰压力低使得采用耐折性差但耐温性高的玻璃纤维作燃煤锅炉袋式除尘器的滤料成为可能, 解决了老旧机组因烟温高而无法使用PPS(聚苯硫醚)滤料问题。③清灰压力低, 可采用扁形滤袋。使用扁形滤袋, 可按顺气流方向进行排布, 充分利用除尘器的内部空间。④不需要提供单独的清灰气源设备, 从而极大地改进

收稿日期: 2012-07-04

基金项目: 北京市科委计划项目“静态清灰袋式除尘技术”资助。

作者简介: 李泓泽(1970-), 男, 吉林辽源人, 华北电力大学经济与管理学院副教授, 研究方向为电力经济与管理。

通讯作者: 王宝。

和简化了袋式除尘器的清灰系统。

静态清灰袋式除尘技术达到了如下的技术指标：粉尘设计排放浓度 $< 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，实际排放浓度一般 $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，阻力 $< 800\text{Pa}$ ，漏风率 $< 1\%$ ，滤袋使用寿命 $> 30000\text{h}$ ，清灰压力为 3000Pa ，清灰周期约为 2h 。在同等条件和效果下与静电除尘器相比，静态清灰袋式除尘器占地面积减少 40% 以上，投资成本可节约近 40% ，除尘器本体耗能减少 45% 。

2 静态清灰袋式除尘技术的产业化推广基础

基于该技术研制的静态清灰袋式除尘器相对于目前占据工业除尘绝对比重的静电除尘器和采用动态清灰方式的脉冲喷吹和分室反吹袋式除尘器，具有较高的技术经济优势，同时不断趋严的工业烟尘排放标准，能够为该技术带来不断增加的市场需求。从而为静态清灰袋式除尘技术的产业化推广应用提供了强有力的支撑。

2.1 静态清灰袋式除尘技术的技术经济优势

静态清灰袋式除尘器应用于工业燃煤锅炉的烟气除尘，不仅可以实现低排放要求，增加滤袋使用寿命，实现滤料国产化，而且具有方便的在线检修功能以及低造价和运维成本。

2.1.1 满足低排放要求

静态清灰袋式除尘器综合除尘效率高达 99.99% ，尤其是对细微颗粒物具有很高的捕集效率，设计排放浓度 $< 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，而在实际运行中排放浓度一般 $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，若经湿法脱硫二次过滤除尘后排放浓度甚至只有 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，同时其除尘效率不受煤种差异及工作延长的影响，运行稳定性高，能够为严格的工业烟尘更低的排放标准提供可靠的技术保障。

2.1.2 延长滤袋使用寿命，实现滤料国产化

静态清灰袋式除尘器采用的低压力静态清灰技术能够有效地延长滤袋的使用寿命，其滤袋使用寿命可高达 40000h ，是动态清灰技术的 1.5 倍。而且使耐折性差但耐温性高的玻璃纤维作为燃煤锅炉袋式除尘器的滤料成为可能，从而可以降低对进口滤料的过分依赖性，实现滤料国产化，价格低廉的玻璃纤维能够有效地降低因进口滤料价格上涨而带来的成本增加风险。

2.1.3 方便的在线检修功能

静态清灰袋式除尘器能够实现可靠地分室在线检修功能，实现除尘器本体漏风率 $< 0.5\%$ ， 2h 内可达到人体耐受条件以进行维护，从而避免了停机检修，解决了因保证机组负荷，除尘器不得不带病

运行直排烟气污染环境的问题，避免了安全生产与环境保护相抵触的局面，十分适应我国工业燃煤锅炉备用率低、负荷率高的实际情况。

2.1.4 低造价及运维成本

由于采用了低压力静态清灰技术，可充分利用除尘器的内部空间，从而可以有效降低除尘器体积以及占地面积，节约土地租赁成本，耗材也将减少，其占地面积只占动态清灰技术的 80% ，钢材用量为动态清灰技术的 85% 。滤袋寿命的延长以及价格低廉的玻璃纤维滤料的使用可以降低运行期的更换成本，设备操作较为简单，且其环链清灰系统能够有效地降低除尘器维护频次，运行维护费用较低。同时由于不需要提供单独的清灰气源设备，极大地降低了除尘器运行的电能消耗成本，其电能消耗只占动态清灰技术的一半，工业企业因低排放可以节约较高的排污费用支出。

2.2 市场需求分析

趋严的工业烟尘排放标准，将带动工业燃煤锅炉烟气静电除尘器技术改造和新建工程采用具有明显技术经济优势的静态清灰袋式除尘器，政策引导下的市场需求将不断增加。

2010年6月，国务院办公厅转发了《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》，在加大颗粒物污染防治力度中明确提出使用工业锅炉的企业以及水泥厂、火电厂应采用袋式等高效率除尘技术。2010年11月，工信部印发了《关于水泥工业节能减排的指导意见》，意见将实施水泥行业节能减排重点工程建设列为重点任务，加快袋式除尘在水泥行业的应用。2011年1月14日，国家环保部发布《火电厂大气污染物排放标准》（二次征求意见稿），新标准将烟尘排放标准由原先的 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，新标准将于2012年1月1日起执行，其中2012年新建的火力发电锅炉及燃气机组执行新标准，2014年1月1日起现有火力发电锅炉及燃气机组将执行此新标准。

趋严的工业烟尘排放标准和采用高效率除尘技术的政策引导，使目前工业锅炉大多采用的静电除尘器已经不能很好地满足低排放和节约能源的要求，新的除尘技术应用于工业锅炉除尘改造及新建工程将有序拉开，市场需求旺盛。仅以煤炭消费占比过半的火电行业除尘器改造为例，2009年全国火电总装机容量为 647910MW ，其中燃煤火电机组占绝对比重，取 96% ，若 95% 燃煤火电机组使用的静电除尘器需要在 5a 内进行电袋复合或袋式除

尘器改造, 除尘器单位容量平均改造成本取 7 万元/MW, 除尘器改造的利润率取 12%, 若静态清灰袋式除尘器的市场份额在 15% ~ 20% 范围内, 那么静态清灰袋式除尘技术仅仅在电力行业燃煤锅炉除尘器改造上就能实现年平均产值 13.8978 ~ 18.5304 亿元。

3 静态清灰袋式除尘技术产业化推广可行模式

静态清灰袋式除尘技术具有较高的技术经济优势, 该技术的产业化推广应用能够很好地服务于环境质量的大幅度改善, 并为工业企业满足低排放的环保标准提供可靠的技术支持。该专利技术拥有企业要想开展好该技术的产业化推广, 就必须结合企业自身特点及优势, 完善该技术的产业化推广模式。结合该专利技术拥有企业的实际情况, 以下提出了 4 种可行的产业化推广模式: 提供技术支持服务、销售核心产品、与第三方设备制造企业合作以及工程总承包。

3.1 提供技术支持服务

该专利技术具有很高的技术密集性, 工业企业燃煤锅炉除尘器改造或新建工程若采用静态清灰袋式除尘技术, 就离不开该专利技术拥有企业的技术支持。此模式下, 该专利技术拥有企业仅仅为工业企业除尘器改造或新建项目提供技术上的支持服务, 以工程技术设计为主要内容, 主机、滤袋以及装配施工均由工业企业自行负责, 该专利技术拥有企业收取工程的部分技术支持服务费用。这种模式不仅可以发挥该专利技术拥有企业自身的技术优势, 又可以降低其需要承担的风险, 对规模有限、风险承担能力不高的专利技术拥有企业较为适用。

3.2 销售核心产品——滤袋

滤袋是静态清灰袋式除尘器的核心产品, 对该产品的研发制造能够显著提高专利技术拥有企业的核心竞争力。该专利技术拥有企业在静态清灰袋式除尘技术的研制过程中, 发现该技术下的滤袋采用价格较为低廉的玻璃纤维滤袋, 同样可以保证滤袋有较长的使用寿命, 技术经济优势明显。目前该专利技术拥有企业已经在建设此新型滤袋的研制生产基地, 在提供技术支持服务的同时, 向工业企业提供该新型滤袋, 或向已安装静态清灰袋式除尘器的企业提供滤袋以供更换。该模式不仅可以增加该专利技术拥有企业的核心竞争力, 而且可以实现较高的产值, 有助于该技术进一步的产业化推广。

3.3 与第三方设备制造企业合作

鉴于该专利技术拥有企业对该技术具有较强的

技术优势, 但欠缺主机设备制造能力, 因而可采取与第三方设备制造企业合作的形式, 充分发挥第三方设备制造企业的主机制造能力, 实现双赢。此模式下, 该专利技术拥有企业与制造能力强的第三方设备制造企业合作, 共同承担工业企业锅炉除尘器改造或新建项目, 该专利技术拥有企业负责技术支持和提供新型滤袋, 第三方设备制造企业负责按照该专利技术拥有企业的技术设计要求, 制造主机。该模式不仅可以为工业企业提供便利, 而且可以实现专利技术拥有企业和设备制造企业共赢, 同时可以有效降低专利技术拥有企业承担的风险。

3.4 工程总承包

该专利技术拥有企业与工业企业签订项目合同, 并向工业企业提供工程技术设计、主机制造、滤袋制造以及装配施工的全套服务, 该专利技术拥有企业将主机制造分包给第三方设备制造企业或旗下的设备制造企业, 将装配施工分包给第三方装配施工企业或旗下的装配施工企业。此模式下, 由于分包后可能存在监督力度不到位, 质量一般难以保证, 该专利技术拥有企业需要承担较高的风险。该模式较为适合专利技术拥有企业具有很强的综合经济实力的情况。

4 静态清灰袋式除尘技术产业化推广的市场效果预测

由于当前该专利技术拥有企业规模较小, 能够承担的风险有限, 因而可采用提供技术支持服务、销售新型滤袋以及与第三方设备制造企业合作的产业化推广模式。由于火电行业市场需求巨大, 该专利技术前期主要应用于火电机组的燃煤锅炉除尘器项目, 随着该专利技术拥有企业规模的不断增加以及其他工业行业对该技术需求的增加, 该专利技术拥有企业可以在如钢铁、水泥等工业行业中加大该技术的应用。

基于该专利技术拥有企业的发展方向及 2011 ~ 2013 年销售计划, 结合上述产业化推广模式, 分析其服务于火电行业除尘的市场效果。

该专利技术拥有企业一方面可以采取与第三方设备制造企业合作的模式, 提供技术支持服务以及生产新型滤袋, 另一方面向火电厂销售新型滤袋以供更换。该企业 2011 年专利技术及核心产品销售计划为服务于 2 台 200MW 机组、6 台 300MW 机组、6 台 600MW 机组和 2 台 1000MW 机组, 除 200MW 机组每年服务台数预计保持不变外, 其他容量的机组在 2011 ~ 2020 年间有望每年保持 2 台

的增长速度,到2020年服务机组总台数高达72台。若机组除尘器改造或新建费用平均为7万元/MW,该专利技术拥有企业的专利技术及核心产品销售收入占比15%,那么2020年该企业的这部分销售收入达到4.452亿元。

另外,该企业新型滤袋生产基地于2012年投产,2012年新型滤袋销售计划为200MW机组2个、300MW机组10个、600MW机组8个和1000MW机组4个,以后每年有望分别保持0个、5个、4个和2个的增长速度,到2020年预计销售滤袋总数达到112,若该新型滤袋按照1万元/MW计算,2020年该企业滤袋销售收入达到5.94亿元。

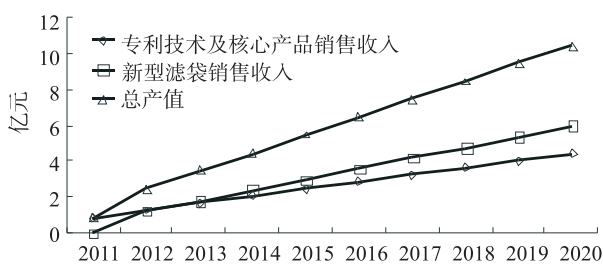


图1 2011~2020年该技术拥有企业预计销售收入及产值

图1给出了2011~2020年该技术拥有企业预计销售收入及产值情况,在不考虑工程总承包情况下,静态清灰袋式除尘技术拥有企业服务于火电行业的预计产值呈直线增加,年平均增速高达32.6%,2020年的年产值将突破10亿元,发展态势良好。如该企业提供工程总承包全套服务,且加大涉足钢铁、水泥、建材以及冶金等行业除尘器新建或改造项目,总产值将进一步增加,以技术拥有企业为核心的静态清灰袋式除尘技术产业化推广预计会收到良好的市场效果,不仅有利于该企业和除尘行业的发展,

而且有助于环境质量的大幅度提高。

5 结论

随着国家对工业燃煤锅炉烟尘排放监管力度的加大,排放标准更加严格,当前工业使用的除尘效率相对较低的静电除尘器不一定能保证满足严格的排放标准,这将带动工业燃煤锅炉烟气静电除尘器技术改造和新建工程采用具有明显技术经济优势的除尘技术,政策引导下的市场需求将不断增加。由我国自主研发的静态清灰袋式除尘技术相比于静电除尘器和动态清灰方式的袋式除尘器,存在着如稳定可靠的低排放、节约占地、滤料可实现国产化且成本低廉、运行能耗及维护费用低以及满负荷在线检修等技术经济优势,能够为工业燃煤锅炉实现低排放环保标准提供可靠的技术支持。该专利技术拥有企业可采用提供技术支持服务、销售核心产品、与第三方设备制造企业合作以及工程总承包的产业化推广模式,该技术产业化推广预计会收到良好的市场效果。

参考文献:

- [1] 殷永文,程金平,段玉森,等. 某市霾污染因子PM_{2.5}引起居民健康危害的经济学评价[J]. 环境与健康杂志, 2011, (3).
- [2] 许飞跃,牛继红,刘永红,等. 600 MW火电机组静电除尘器节能技术改造[J]. 电力技术经济, 2009, (4).
- [3] 国家环境保护部. 火电厂大气污染物排放标准(二次征求意见稿)[S].
- [4] 刘利刚. 自主技术大型静态清灰袋式除尘器的成功应用[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2011, (6).
- [5] 袋式除尘委员会. 北京赫宸环境工程有限公司[EB/OL]. <http://www.c-bfc.com/hyjlist.asp?id=835>, 2011. 4. 10.

A Study on Industrialization Promotion of Static Dust-Cleaning Bag Filter Technique

LI Hong-ze¹, WANG Bao¹, ZHAO Jian-fei²

(1. School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206 China)

Abstract: In this article, the static dust-cleaning bag filter technique, a technique independently developed by China is introduced. The technical and economic advantages of the technique and the stricter standard for the industrial dust emission provide preferential conditions for the promotion and application of this technique. Thus, there are four promotion modes proposed for its technical industrialization, in view of the actual situation of the enterprise which possesses this technique. The market potential is analyzed and predicted. All this shows that it is feasible for promoting industrialization of this technique.

Key words: static dust-cleaning bag filter; technical and economic advantages; market demand; industrialization promotion; market effects

临沧孟定镇天然橡胶加工业对环境的污染及防治措施

杨丽娟

(临沧市环境科学研究所, 云南 临沧 677000)

摘要: 根据临沧市孟定镇天然橡胶加工业中存在的选址不合理、臭气及废水污染严重等问题, 提出严格执行相关规划及准入条件、加强监管、严格执法及强化宣传教育等一系列措施。

关键词: 天然橡胶加工业; 问题; 措施; 临沧

中图分类号: X78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0058-03

孟定镇隶属临沧市耿马县, 地处云南省西南部, 位于东经 $98^{\circ}53' \sim 99^{\circ}51'$ 、北纬 $23^{\circ}27' \sim 23^{\circ}40'$, 是以傣族为主的多民族聚居镇, 为国家一类开发口岸, 临沧市第一个副县级镇。孟定镇距耿马县城 83km, 有国土面积 1101.06km^2 , 其中坝区面积 186km^2 。中缅甸国境线长 47.35km, 从孟定镇清水河口岸到缅北重要商品集散地腊戍 161km, 到缅甸首府仰光 1162km, 是云南省通往缅甸的重要门户和陆上捷径。

孟定镇是临沧市天然橡胶的主要产地, 临沧市区 90% 以上的天然橡胶均产于孟定镇。橡胶业也是孟定镇的主要支柱产业之一, 在孟定镇及临沧市的经济社会发展中一直发挥着不可替代的作用。近年来, 随着橡胶需求量的不断增大, 临沧市橡胶业得到了迅猛发展, 橡胶种植面积迅速增大, 其加工企业不断涌现。2011 年, 临沧市有橡胶种植面积 4.756 万 hm^2 , 开割面积为 1.635 万 hm^2 , 年产橡胶干胶片 2.68 万 t, 其中孟定镇有橡胶初加工企业 14 户 (为环保登记在册的), 年实际加工橡胶干胶片 2.0 万 t。在孟定镇的橡胶加工企业中, 设计规模为年产标准胶 5000t 以上的有 2 个 (由于原料不足, 实际产出量仅为设计规模的 30% 左右), 其它均为小型加工厂, 有橡胶烟片胶加工点上百个。由于这些橡胶加工企业大多集中位于孟定镇城区附近、人口相对较为密集区, 其橡胶加工中产生的臭气对周围环境的影响日益凸显, 成为公众关注的重

要环境问题。加之, 孟定镇过境河流南汀河为出境河流, 在孟定镇清水河农场附近流入缅甸境内, 根据《云南省地表水环境功能区划》, 南汀河孟定段水质类别定为 III 类, 对河流水质要求较高, 而孟定镇橡胶加工业大量废水未经处理直接排入南汀河, 是造成南汀河孟定段水环境污染的重要原因之一, 使南汀河孟定段水质难以达到相关区划要求。

1 存在的主要环境问题

(1) 选址不合理, 臭气对环境的影响突出。由于在资金投入、管理方式、规划及环境保护意识等方面存在较多的问题及历史原因, 孟定镇天然橡胶加工企业大多选址随意性强, 从而使大部分企业均集中位于孟定镇城区及附近的村寨内、人口相对较为密集区。由于没有足够的环境防护距离, 橡胶加工原料中蛋白质发酵、分解过程产生的恶臭气体 (主要为氨气), 对周围居民生活生产环境影响较大, 不仅会使人们产生心理上的影响, 导致食欲不振、头昏脑涨、恶心、呕吐, 还会使人的精神受到干扰, 并对健康产生一定的危害。因此, 天然橡胶加工中的臭气污染已成为孟定镇群众集中反映的主要环境问题。

(2) 建设规模小, 治理资金投入不足, 废水污染严重。由于历史和体制原因, 孟定镇天然橡胶行业分为国营农垦系统和地方民营两部分。目前地方民营天然橡胶加工企业发展迅速, 但大多建设规模小、资金投入少、环保设施投入不足、工艺技术落后、管理不到位, 特别是原设计规模较小的企业, 基本未上任何污染治理设施, 橡胶生产废水直接排入附近河流, 臭气污染较为严重; 有的企业虽有一定的生产废水治理设施, 但处理工艺技术较为

收稿日期: 2012-06-04

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

落后,加之超负荷生产现象严重,污染治理设施未随生产产量的变化而得到加强和改善,导致生产废水不能达标排放,排污总量大幅增加,生产过程中产生的恶臭气体对环境空气质量的影响也越来越大。据调查,孟定镇环保已登记在册的14户橡胶加工企业均没有任何臭气处理设施,在生产废水处理中,除国营农场橡胶加工厂采用天然氧化塘+厌氧+好氧生物接触氧化工艺处理生产废水能做到达标排放外,其它大部分企业均采用天然氧化塘处理制胶废水,由于受场地限制,大多数企业的天然氧化塘容积小,废水处理停留时间短,抗冲击负荷能力弱,处理效果和系统稳定性较差,有的甚至与直排差不多。据了解,制胶废水来自生产全过程,包括鲜胶乳凝块和压皱时排出的乳清、锤磨造粒的喷淋水、胶厂清洁冲洗水等,废水中主要污染物为橡胶烃、蛋白质、糖类、有机酸、无机盐等,废水中化学需氧量浓度一般在4000~8000mg/L,凝标胶(15号、20号胶)加工废水的化学需氧量浓度也在1000~3000mg/L,直接排放对水环境影响较大,会耗尽水中的溶解氧,导致鱼虾灭迹、水体恶臭,特别是废水中高含量的氮成分,不但对人体有害,还可能造成水体富营养化。

(3) 村寨环境污染较重。在孟定镇,大部分胶农均在自家庭院自制橡胶胶片,然后卖给橡胶加工企业。在橡胶胶片的制作过程中,由于工艺落后,无任何污染防治措施,鲜胶乳中的蛋白质在发酵、分解过程产生的恶臭气体(主要为氨气)对周围环境空气质量影响严重,加之因鲜胶乳凝块和压皱时排出的乳清中污染物浓度较高,为天然橡胶加工工段中废水污染物排放浓度最高工段,此部分高浓度废水留在村寨随意排放,对周围地面水及地下水环境影响较大。而因分布较为广泛、分散,废水无法收集处理,环境监管难度大,形成环境监管缺失。

(4) 对生态环境有一定影响。目前孟定镇除胶农自制橡胶烟胶片外,还有橡胶烟胶片集中加工点上百个,而传统的烟胶片生产是以木柴为燃料,每年需砍伐木柴上千吨,使植被减少;加之大面积种植橡胶,势必使生态平衡受到影响,生态系统遭到不同程度的破坏,生物多样性减少。

2 污染防治措施

(1) 严格执行规划,强化选址工作。应严格按照孟定镇近期建设规划、土地利用规划、林地保

护利用规划和村庄规划等要求进行选址,在自然保护区、重要饮用水源保护区、风景名胜區及其他环境敏感区域禁止建设橡胶加工厂;在人群居住区及学校、医院附近要限制建设橡胶加工厂,确需建设的,要有足够的环境防护距离,确保项目产生的臭气对周围人群生产、生活不产生影响;对橡胶加工厂周围的工业企业应合理规划布置,尽量远离食品加工企业,以免对食品行业造成不良影响;对目前存在的不符合城市建设规划及其他相关规划的、对周围人群影响较大的橡胶加工企业,应考虑进行搬迁,重新选址建设。

(2) 严格准入条件,实现源头控制。孟定镇天然橡胶加工企业普遍建设规模较小,导致污染治理资金投入严重不足、工艺落后、管理不到位、环境污染问题突出。因此应由政府相关部门制定出台相应的政策,提高建设规模、严格准入条件,促进行业整合、实现规模经营。对新建或改、扩建的橡胶加工项目不得降低其建设规模;对生产规模达不到设计能力、生产方法和技术设备落后的要限期改造、提升;到期达不到要求的,可依法停止生产活动。同时应大力实施招商引资、外引内联、合作开发的战略,加大对橡胶加工企业的整合,“关小建大”,积极引进国内外有实力的大型企业对现有企业进行整合,整合建设规模小、生产工艺落后、生产废水未达标排放、臭气对周围环境影响严重的企业,提高行业整体水平和企业竞争力,大幅削减化学需氧量、氨氮排放量。应严格执行环境影响评价制度及环保“三同时”制度和“环保一票否决制”,对不履行环境影响评价手续或达不到环保验收要求的建设项目一律不得验收和投入生产,从源头上减少和防治污染,切实改变“先污染后治理”的状况。

(3) 加强对胶农环保宣传教育,减少农村污染。针对孟定镇普遍存在胶农自制橡胶胶片造成空气环境及水环境污染严重的状况,要强化对胶农的环保法律宣传。要充分利用各种宣传媒体、宣传手段,普及环保知识,增强胶农环保意识,不断提高其参与环保的自觉性,树立保护环境就是保护人民群众根本利益和保护环境、人人有责的全民环保意识,使广大群众认识到环境的好坏与人的生存息息相关,如果其被污染,人的健康就会受损害。让他们懂得在环保方面什么可为、什么不可为,以及如何运用环保法律武器维护自身的合法环境权益,维护社会的公平和正义。各地政府还应通过制定相关

政策或规定,采取正确引导及推广生物凝固技术等方式,鼓励胶农减少烟片胶生产,并及时交售新鲜胶乳进行集中加工,减少胶农自行凝胶压制,分散排放过程中的高浓度有机废水的产生量,避免大量高浓度废水留在村寨,减少农村水环境、空气环境污染及生态破坏。同时各部门要结合新农村建设和农村环境综合整治,做好农村的环境保护工作。

(4) 加强监管,严格执法。明确环保法律责任,特别要明确政府及其组成部门环境保护的法律责任。要通过法律使政府及其部门的官员重视和加强环境保护,以彻底纠正那些扭曲了的“政绩观”。环保部门作为执法部门,重点是要解决好不作为、执法不到位的问题,要加强监管力度,严格依法行政,真正做到有法必依、执法必严、违法必究。要加强对橡胶加工企业的排污、污染治理情况的现场监督和检查力度,及时发现存在的环境问题,对未上污染治理设施或污染治理设施运转不正常企业,应执行限期治理制度,逾期未完成治理任务的,责令停产整顿;对造成环境严重污染和在环境敏感区内超标排污的企业,要限期淘汰、停产关闭。要加大投入,强化环保能力建设,建立和完

善基层环境监测预警体系和环境监察执法体系,配备必要的适宜基层环境监测和执法所需的仪器设备及交通工具等,以增强基层环保部门环保执法的能力。

(5) 积极探索创新,确保治理工艺的先进性。天然橡胶加工企业应根据因地制宜、科学合理、投资和运行费用低、操作简单、运行稳定等原则,选好设备、选好工艺,积极探索创新,以保证橡胶加工生产废水治理工艺的先进性,并结合各企业实际情况,进一步优化工艺,提升技术,提高管理水平,确保生产废水、废气达标排放。大力推行清洁生产及循环经济,提高水的循环利用率,减少污染物排放量,积极推进橡胶业污染治理工作。目前,天然橡胶加工生产废水处理推荐使用厌氧+好氧生物接触氧化工艺,同时也鼓励企业研究、采用其他治理效果更好、更为先进的工艺技术。环保局要加强对天然橡胶加工企业污染治理达标工程的指导与管理,认真组织企业做好减排工程建设,对列入重点减排的项目,将优先实行以奖代补和专项补助,县(市)环保部门及企业要按照环保专项资金申报办法的规定,积极做好项目申报工作。

Environmental Pollution of Processing Natural Rubber and Its Pollution Control in Mengding Township of Lincang

YANG Li-juan

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

Abstract: According to the current problems of processing the natural rubber in Mengding Township such as improper site selection, odor pollution and wastewater pollution, it is suggested in this article that the relative plans and the license requirements need to be strictly executed, together with the stringent supervision, law enforcement and awareness building.

Key words: natural rubber processing; problem; measures; Lincang

宝钢不锈钢有限公司冷轧废水处理工艺设计

金亚颀¹, 刘勇², 赵湧³, 袁军⁴, 田麟¹, 王乐为¹, 王智铭¹

(1. 宝钢工程技术集团有限公司, 上海 201900; 2. 宝钢不锈钢有限公司, 上海 200431;
3. 安德里茨技术有限公司上海分公司, 上海 200021; 4. 上海遂川环保有限公司, 上海 200941)

摘要: 冷轧废水是冶金行业内最难处理的废水之一。冷轧废水包括中性盐及含铬废水、酸性废水、浓油废水、稀碱油废水、平整液废水等。宝钢不锈钢有限公司拥有国内先进的冷轧生产线。就宝钢不锈钢有限公司配套建设的冷轧废水处理的工艺进行了介绍和分析。

关键词: 不锈钢; 冷轧; 废水; 处理; 工艺; 宝钢

中图分类号: X75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0061-04

宝钢不锈钢有限公司拥有国内先进的冷轧生产线, 年产冷轧不锈钢和碳钢二百余万吨, 是国内重要的冷轧不锈钢和碳钢生产基地之一。冷轧生产的工艺包括酸洗、冷轧、退火、脱脂、热镀锌、平整、修磨等工艺段。

冷轧废水因其来源广、水质差异大、排放无规律而被业内称为冶金行业最难处理的废水之一。本文就宝钢不锈钢有限公司配套建设的冷轧废水处理的工艺进行介绍和分析, 供实际工程或生产实践参考。

1 冷轧废水的来源

1.1 酸洗机组废水

热轧带钢表面含有氧化铁皮, 进行冷轧前须用酸洗去除氧化铁皮, 酸洗后进行喷洗和漂洗, 喷洗槽、漂洗槽的水循环使用。喷洗槽、漂洗槽废水先送酸再生, 浓度较低或酸再生能力不足时送废水处理站。

酸洗段产生酸性废水, 不锈钢酸洗会产生含铬废水。另外, 酸洗机组配套酸再生装置的尾气洗涤塔等也会产生少量酸性废水。

1.2 冷轧机组废水

在轧机轧制过程中, 须采用乳化液对系统进行冷却和润滑。乳化液是在油或脂类物质中加入表面活性剂, 然后加入水。在表面活性剂的作用下, 油和脂以极其微小的颗粒分散在水中, 就象溶解在水中一样。乳化液有机物含量很高, COD 值很高, 不仅因为有油, 也因为表面活性剂。

乳化液循环使用, 但定期排放, 产生废乳化

液。冷轧机组主要产生浓油废水。

1.3 脱脂段废水

轧制后的带钢在退火、镀锌处理前必须进行脱脂处理。脱脂, 即采用碱洗方法去除经冷轧后带钢表面的油膜。脱脂一般要经历预清洗、清洗、漂洗三个阶段。预清洗、清洗段产生浓油含碱废水, 而漂洗段产生稀油含碱废水。

1.4 热镀锌机组废水

热镀锌机组是在冷轧带钢退火后表面镀锌, 镀锌后退火, 退火后的带钢进入淬水箱快速冷却, 而后进入钝化段处理。

镀锌机组的淬水冷却段排放酸性废水。热镀锌带钢钝化一般采用铬酸, 铬酸循环使用, 定期排放。同时配置铬酸雾净化装置, 用水循环喷淋洗涤, 循环系统溢流水排至废水系统。钝化段排放含铬废水。

1.5 平整机组废水

冷轧带钢进行平整时, 向带钢表面喷洒平整液, 就可以清洗带钢及轧辊表面, 提高带钢表面质量。平整液本品由软水及水溶性防锈剂、清洗剂、润滑剂调配而成, 主要为小分子有机物和表面活性剂。

平整液循环使用, 定期排放。平整液废水的含油量介于冷轧乳化液与浓油强碱废水和稀油含碱废水之间。废水有机物含量很高, COD 值很高。

1.6 修磨机组废水

在修磨过程中, 也采用乳化液对系统进行冷却和润滑。机组也产生浓油废水。修磨机脱脂碱洗段排放浓油废水和稀油含碱废水^[1]。

1.7 事故废水

事故废水是指冷轧主线事故状态下排放的酸液、高浓度含铬废水、废硫酸等。

2 冷轧废水按水质分类及主要成分 (表1)

3 宝钢不锈钢有限公司冷轧废水水量及主要水质检测指标

3.1 废水水量

宝钢不锈钢有限公司冷轧废水具体包括中性盐及含铬废水、酸性废水、浓油废水、稀碱油废水、

平整液废水。这些废水由各机组排至废水处理站,经处理达标后排至全厂站后污水管道。

目前实际运行情况为,中性盐及含铬废水与酸性废水总量约 1100 ~ 3200m³/d,稀油废水总量约 300 ~ 2100m³/d,浓油废水总量约 20 ~ 350m³/d。平整液的数量非常少,每月只有 300kg,目前进入浓油系统一并处理,不单独处理。

3.2 主要水质检测指标 (表2)

表1 常规冷轧废水分类及主要成分表

酸性废水	废水性质	废水主要来源	主要污染物
酸性废水	水温: 35 ~ 45℃;	酸洗段	氯化物、Fe、Zn 等离子、SiO ₂
	HCl: 5 ~ 10mg/L;	酸再生	
	Fe: 1 ~ 5g/L。	热镀锌淬水冷却段 新酸站	
稀碱油废水	水温: 50 ~ 80℃;	脱脂漂洗段	油类、Na、Fe 等金属离子
	NaOH: ≤1g/L;		
	油含量: ≤200mg/L;		
	SS: 50 ~ 100 mg/L;		
	Fe: 6 ~ 30 mg/L;		
浓油废水	COD _{Cr} : 1000 ~ 2000 mg/L。	冷轧段 脱脂段	油类、Na、Fe 等金属离子
	水温: 50 ~ 80℃;		
	NaOH: 10 ~ 20g/L;		
	油含量: 5 ~ 10g/L;		
含铬废水	Fe: 60 ~ 500 mg/L。	不锈钢酸洗段 热镀锌钝化段	Cr 等重金属离子
	水温: 10 ~ 50℃;		
	pH: 2 ~ 3;		
平整液废水	Cr ⁶⁺ : 1000 ~ 2000mg/L。	平整段	小分子有机物 表面活性剂
	水温: 10 ~ 50℃;		
	pH: 7 ~ 8;		
	COD _{Cr} : 20000 ~ 50000 mg/L。		

备注: 乳化液废水和浓油含碱废水作为浓油废水统一处理。

表2 宝钢不锈钢有限公司冷轧废水主要检测指标 (mg/L)

检测指标	含铬废水	酸性废水	稀油废水	浓油废水
pH	<2	<2	>11	>11
Cr ⁶⁺	100 ~ 1300			
TCr	200 ~ 1800			
TFe	4000 ~ 30000	1500 ~ 7000		
TNi				
SS	150 ~ 250	100 ~ 200		
油			100 ~ 400	4000 ~ 9000
COD _{Cr}			1000 ~ 3000	15000 ~ 47000

备注: 平整液废水进入浓油废水处理系统, 合并处理。

4 宝钢不锈钢有限公司冷轧废水处理工艺

4.1 中性盐及含铬废水处理

中性盐及含铬废水处理工艺流程为: 含铬废水 → 调节池 → 一级还原罐 → 二级还原罐 → 出水 → 酸性废水处理设施。

中性盐及含铬废水主要来自不锈钢热带退火酸洗机组、不锈钢冷带退火酸洗机组以及碳钢连续热镀锌机组, 用泵输送至废水处理站含铬废水调节池, 再用泵抽送至一级还原罐及二级还原罐。还原罐内投加盐酸和废酸 (含 Fe²⁺), 调整 pH 值, 使反应池的 pH 值控制在 2 ~ 3, 同时投加 NaHSO₃ 或 Fe²⁺ 作为还原剂将 Cr⁶⁺ 还原成 Cr³⁺。

在两级还原罐中设有 pH 计及 ORP 计, 测定值与盐酸和废酸投加阀连锁以控制投药量, 二级还原罐出口还设置 Cr⁶⁺ 计, 其测定值与出水控制阀连锁, 当 Cr⁶⁺ 浓度达标则出水控制阀打开, 出水进入酸性废水处理系统, 若 Cr⁶⁺ 浓度不达标则关闭出水控制阀, 出水回流至调节池重新处理。

4.2 酸性废水处理

酸性废水处理工艺流程为：酸性废水→调节池→一级中和池→二级中和池→出水→反应澄清池→中间水池→砂滤池→出水。

酸性废水主要来自不锈钢热带退火酸洗机组、不锈钢冷带退火酸洗机组、碳钢酸洗机组、混酸再生站、盐酸再生站、新酸站等，碳钢热镀锌机组的淬水冷却段和锌锅地坑的含锌废水和碳钢连退机组的淬水槽地坑含 SS 废水也进入酸性废水处理系统。

各机组排出的酸性废水以及含铬废水处理二级还原罐出水经分配池流入酸性废水调节池，调节池的出水用泵提升至一级中和池，一级中和池的出水自流到二级中和池，中和池内投加石灰乳并加以曝气处理，使废水中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，最终形成易于沉淀的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

二级中和池出水通过分配槽流入反应澄清池，分配槽中投加絮凝剂及高分子助凝剂，使絮体进一步增大以易于沉淀进行固液分离，澄清池的出水流入中间水池，投加盐酸及氢氧化钠进行 pH 调整，然后用泵提升至砂滤池，经过滤处理后出水流入最终排放池集中排放，部分处理后出水由回用水泵提升作为站内冲洗用水及污泥管道清洗用水。砂滤池的反洗排水用泵回送至反应澄清池。

反应澄清池底部排出的污泥通过污泥泵一部分回流至高密度污泥罐，投加石灰乳后自流至一级中和罐，另一部分送入污泥处置系统污泥浓缩池。

4.3 浓油废水处理

浓油废水处理工艺流程为：乳化液与浓油强碱废水→分配池→调节池→纸带过滤器→超滤循环池→超滤→MBR 生化池→出水。

碳钢连退机组、碳钢重卷机组、碳钢热镀锌机组、不锈钢冷退酸洗机组、不锈钢重卷机组、不锈钢离线平整机、轧辊磨床、不锈钢热带退火酸洗机组、五机架冷连轧机组、不锈钢甘辊机组以及不锈钢修磨机组排出的废乳化液及各机组脱脂段碱洗废水，包括碳钢热镀锌机组和碳钢连续退火机组所排放的平整液废水，由泵输送入废水处理站，经分配池流入浓油废水调节池进行均量调节和预处理。

分配池加硝酸破乳。酸化法破乳是目前最常用的方法，优点在于工艺设备简单，处理效果比较稳定，作为含油废水的预处理。

调节池内通入蒸汽以维持池内废水温度，将部分浮油及可沉淀物去除。调节池内设除油机及刮油刮渣机。开蒸汽加热，浮渣上浮后，开启刮油刮渣机将漂浮浓油、浮渣刮至浮渣池。浮渣池通蒸汽加

热，待油完全溶化开启废油泵将油外运处置。调节池底部的油泥定期收集外运处理。

调节后的废水用泵送纸带过滤器。过滤去除粗渣进入陶瓷膜超滤系统进行油水分离。超滤循环池内通入蒸汽以维持池内废水温度。超滤出水流入 MBR 系统。乳化液渗透液常规情况下排入 MBR 系统进行处理，若 MBR 系统故障排入稀有调节池进行处理。

陶瓷膜超滤系统采用错流过滤的运行方式，待过滤的料液平行通过膜表面，截留的效果取决于膜的精度，小分子的物质透过膜，大分子的被截留；被截留的物质又不断被流体带离膜表面，这样膜孔不易被堵塞，设备的运行时间更长，清洗更容易。超滤系统排出的废油（包括超滤循环槽定期排油和超滤反洗排油）外运处置。

膜生物反应器（MBR）是将膜技术与微生物技术相结合的一种先进的废水处理方法，既以超滤、微滤膜等取代常规活性污泥法中二沉池的污水处理新工艺。该法利用膜的高效截留作用，克服了传统活性污泥法中污泥膨胀对处理效果的影响，还可以将污水中可生化性差的乳化液、悬浮物、胶体进行截留，可灵活控制反应器水力停留时间（HRT）和污泥停留时间（SRT），增加了曝气池活性污泥的浓度，提高了生物的降解速率，降低了负荷率。MBR 有两种工艺类型，既浸没式（submerged）MBR 和外置式（external）MBR。不锈钢事业部采用的是浸没式 MBR。MBR 生化池污泥浓度为 $8000 \sim 15000\text{mg/L}$ 。

4.4 稀油废水处理

稀油废水处理工艺流程为：稀油废水→调节池→混合反应槽→一级气浮→二级气浮→一级冷却塔→二级冷却塔→生化处理→出水。

4.4.1 物化处理段

碳钢热镀锌机组、碳钢连续退火机组、不锈钢冷带退火酸洗机组、碳钢连续酸洗机组及不锈钢修磨机组等各机组排出的稀油废水首先进入废水处理站的配水槽。配水槽出水经重力流流入稀油废水调节池，调节池进水通压缩空气装置，调节池内设置转鼓撇油器。将部分浮油去除后由调节池泵提升进入混合反应槽。混合槽内加酸及絮凝剂，加酸破乳、凝聚再经 pH 调整后流入后续两级气浮池。

一级气浮采用涡凹气浮，二级气浮采用溶气气浮，浮渣由空气隔膜泵送入污泥浓缩池。出水经冷却塔降温后进入生化处理单元。但生化处理单元水

池冬季的水温控制在 18 ~ 20℃。

4.4.2 生化处理段

经物化预处理后的含油废水首先进入缺氧池，缺氧池水力停留时间 4 ~ 8h。废水在缺氧池内进行水解酸化，将高分子量难以生化处理的有机物降解为低分子量可生化处理的有机物后进入好氧池。缺氧池内溶解氧为 0.2 ~ 0.5mg/L。

好氧池水力停留时间约 8 ~ 15h。好氧池出水投加絮凝剂后进入二次沉淀池。好氧池溶解氧为 1 ~ 3.0mg/L。

二次沉淀池采用斜板沉淀器形式，二沉池底部污泥由污泥泵送入污泥浓缩池，也可回流至缺氧池，污泥回流比按 50% ~ 100%。出水流入中间水池，投加盐酸及氢氧化钠进行 pH 调整，然后用泵提升至砂滤池，经过滤处理后出水流入最终排放池与含铬/酸性废水集中排放。

4.5 污泥处置系统

各废水处理工艺的澄清池底部污泥、二次沉淀池底部污泥、气浮池浮渣、调节池浮渣以及砂滤器反洗水等送入污泥浓缩池，经投加絮凝剂进一步降低污泥含水率。浓缩池底部污泥采用污泥泵送入板框压滤机脱水，脱水后泥饼含固率 > 35%。浓缩池溢流出水及板框压滤机滤液存于滤液池再由滤液泵

提升返回酸性废水澄清池。

4.6 事故废水处置

事故废水进入专门的事故水池，后续进入酸性废水处理系统或含铬废水处理系统处理。根据事故废水的性质将事故送至相应调节池。

5 废水处理后的出水水质

5.1 废水处理设计出水水质

经废水处理站处理后的设计废水排放主要水质指标如下：

pH: 6 ~ 9; SS: ≤ 70mg/L; COD_{Cr}: ≤ 100mg/L; 油: ≤ 5mg/L; Cr⁶⁺ ≤ 0.5mg/L; 总 Cr: ≤ 1.5mg/L; 总 Fe: ≤ 10mg/L; 总 Ni ≤ 1mg/L。

5.2 废水处理运行实际出水水质

pH: 7 ~ 8; SS: 30 ~ 50mg/L; COD_{Cr}: 40 ~ 80mg/L; 油: ≤ 3 ~ 5mg/L;

Cr⁶⁺: 0.1 ~ 0.3mg/L; 总 Cr: 0.4 ~ 0.6mg/L; 总 Fe: 2 ~ 4mg/L; 总 Ni: 0.1 ~ 0.3mg/L。

6 小结

宝钢不锈钢有限公司冷轧厂 2007 年建成投产，冷轧废水处理设施一直运行稳定，出水水质达标。

参考文献：

[1] 王笏曹. 钢铁工业给水排水设计手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002: 638 - 641.

Cold Rolling Mill Wastewater Treatment Process Design of BAOSTEEL Stainless Steel Company Limited

JIN Ya-biao¹, LIU Yong², ZHAO Yong³, YUAN Jun⁴, TIAN Lin¹, WANG Le-wei¹, WANG Zhi-ming¹

(1. BAOSTEEL Engineering & Technology Group Company Ltd., Shanghai 201900 China)

Abstract: Cold rolling mill wastewater is difficult to treat in the steeling works. It consists of the neutral salt, the chromium-containing wastewater, acid wastewater, thick oil wastewater, dilute alkali oil wastewater and flat liquid wastewater. The production line of cold rolling in the Stainless Steel Business Unit of Baoshan Iron & Steel Company is most advanced in China. In this article, its process of treating the cold rolling wastewater is introduced and analyzed.

Key words: stainless steel; cold rolling mill; wastewater; treatment; process; BAOSTEEL

剑川县垃圾填埋场渗滤液处理站处理规模计算方法分析

张俊¹, 邵翎², 侯娟¹

(1. 云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034;

2. 云南省住房和城乡建设厅工程造价审查办公室, 云南昆明 650000)

摘要: 通过归纳剑川县生活垃圾填埋场渗滤液的产生途径, 研究渗滤液产生量的计算方法和变化规律。以入渗系数法为基础, 逐年分析计算不同填埋区域产生的渗滤液量。结合剑川县垃圾填埋场现有渗滤液调节设施, 采用水量平衡法校核处理规模的合理性。

关键词: 垃圾渗滤液; 入渗系数法; 处理规模; 水量平衡; 校核

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0065-07

处理规模的确定是垃圾渗滤液处理站建设工程设计中需注意的关键问题之一。由于垃圾渗滤液进水指标和水质排放指标要求较高, 处理难度较大, 导致单位建设投资和单位处理费用较一般城市污水处理厂高。渗滤液处理站处理规模过小, 会导致渗滤液外溢污染下游水环境, 造成重大环境污染事故; 处理规模过大, 则导致建设投资较高, 设备闲置, 运行管理费用增加, 进而成为当地政府的财政负担。因此, 为了平衡建设投资和运行管理经济性与环境保护要求之间的关系, 应选择正确的计算方法以确定合理的渗滤液处理站规模。

本研究主要以垃圾填埋场过程及外部影响因素的确定为研究对象, 以入渗系数法为基础, 通过对作业填埋区、临时封场区、最终封场区、调节池产生的渗滤液和其它污水分别建立预测公式并逐年计算生活垃圾填埋场渗滤液产生量, 综合确定渗滤液处理规模。同时结合原有渗滤液调节设施, 采用水量平衡方法校核处理规模的合理性。在这里选择剑川县垃圾填埋场渗滤液处理站建设工程作为案例, 对垃圾渗滤液产生量的计算方法和处理规模确定的合理性进行分析和研究。

1 填埋场基本情况

1.1 处理场使用年限情况

根据《剑川县城市生活垃圾处理工程初步设计》, 一期填埋库容为 42.5 万 m³, 使用年限为 2007~2021 年, 共 15a。

根据现状调查和剑川县住建局提供的数据资料, 剑川县垃圾填埋场的实际投入运行时间为 2011 年 3 月, 因此渗滤液设计服务时间调整为 2011~2021 年, 共 11a。

1.2 垃圾处理量

运行年限内垃圾处理量见表 1。

表 1 运行年限内垃圾处理量表 (t/d)

年度	垃圾处理量
2011	51.77
2012	54.62
2013	57.63
2014	60.81
2015	64.16
2016	67.07
2017	70.12
2018	73.32
2019	76.65
2020	80.14
2021	82.93
2022	—

注: 数据来源于《剑川县城市生活垃圾处理工程初步设计》对垃圾产量的预测表。

1.3 填埋场分区情况

根据剑川县生活垃圾填埋场库区设计资料, 填埋场分为 1#、2#、3#、4# 四个填埋区。填埋场分区基础数据见表 2。

2 渗滤液来源分析

考虑到垃圾的特性和渗滤液产生的主要影响因素, 剑川县生活垃圾填埋场渗滤液的来源归纳为以

下六个方面:

表2 填埋场分区基础数据表

分区	面积/m ²	库底高程/m	库顶高程/m
1#	10080	2317	2325
2#	18220	2325	2330
3#	19200	2330	2335
4#	23430	2335	2340

- (1) 正在作业填埋区垃圾压实过程中自身产生的渗滤液;
- (2) 正在作业填埋区雨水渗入产生的渗滤液;
- (3) 临时封场填埋区垃圾自身分解产生的渗滤液;
- (4) 临时封场填埋区雨水渗入产生的渗滤液;
- (5) 最终封场填埋区垃圾自身分解产生的渗滤液;
- (6) 调节池未加盖, 接纳的雨水;
- (7) 其它污水。

3 渗滤液进水量计算方法

3.1 渗滤液产生量预测计算公式

$$Q = Q_j + Q_k + Q_m + Q_n + Q_r$$

(1) 正在作业填埋区渗滤液产生量

$$Q_j = I_j \times C_1 A_1 / 1000 + Q_{z1}$$

式中: Q_j —正在作业时, 垃圾堆体产生的渗滤液 (m³/d);

I_j —日平均降水量 (mm/d);

C_1 —正在作业填埋场区的雨水入渗系数, 取0.6;

A_1 —正在填埋作业的面积 (m²);

Q_{z1} —正在作业的填埋区垃圾压实过程中自身产生的渗滤液 (m³/d)。

$$Q_{z1} = (I_s - I_t) \times G$$

式中: I_s —原生垃圾的含水率 (%);

I_t —垃圾堆体临时封场前垃圾最初的持水率 (%);

G —垃圾的处理规模 (t/d)。

(2) 临时封场填埋区渗滤液产生量

$$Q_k = I_j \times C_2 A_2 / 1000 + Q_{z2}$$

式中: Q_k —临时封场填埋区垃圾堆体产生的渗滤液 (m³/d);

C_2 —临时封场填埋区的雨水入渗系数, 取0.5;

A_2 —临时封场填埋区接纳降水的面积 (m²);

Q_{z2} —临时封场的填埋区垃圾自身分解产生的

渗滤液 (m³/d)。

ΔM_i —临时封场后, 垃圾填埋堆体渗滤液逐年产生的百分数 (%)。

(3) 最终封场填埋区渗滤液产生量

$$Q_m = I_j \times C_3 A_3 / 1000 + Q_{z3}$$

式中: Q_m —最终封场填埋区垃圾自身分解产生的渗滤液 (m³/d);

C_3 —最终封场填埋区的雨水入渗系数, 取0.1;

A_3 —最终封场填埋区接纳降水的面积 (m²);

Q_{z3} —最终封场填埋区垃圾自身分解产生的渗滤液 (m³/d)。

(4) 未加盖调节池接纳的降水量

$$Q_n = (I_j - I_p) \times C_4 A_4 / 1000$$

式中: Q_n —未加盖调节池接纳的降水量 (m³/d);

C_4 —雨水入渗系数, 取1.0;

A_4 —调节池接纳降水的面积 (m²);

I_p —日平均蒸发量 (mm/d)。

(5) 其它污水

$$Q_r = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

式中: Q_r —其它污水 (m³/d);

Q_1 —填埋区生活污水 (m³/d);

Q_2 —填埋区生产废水 (m³/d);

Q_3 —渗滤液处理工艺中产生的进入调节池的污水 (m³/d)。

3.2 渗滤液产生量预测计算基础数据

3.2.1 填埋场作业顺序、高程及不同高程面汇水面积 (表3)。

3.2.2 垃圾主要特性指标及影响渗滤液产生量计算方法

(1) 剑川原生垃圾的含水率 (I_s)

根据《剑川县城市生活垃圾处理工程初步设计》中“剑川县城垃圾成分表”, 2010年检测原生垃圾的含水率在38.5左右, 结合剑川经济发展和生活水平, 综合确定剑川原生垃圾的含水率 $I_s = 38.5\%$ 。

(2) 剑川垃圾堆体临时封场前垃圾最初的持水率 (I_t)

根据剑川垃圾填埋场进行过程覆土即临时封场的作业工序和时间, 参考《中国城市统计年鉴》2008年及2009年中对云南省垃圾处理情况的相关资料, 结合云南省在运行的其它垃圾填埋场中临时封场后垃圾的持水率的情况, 综合确定剑川垃圾填

埋场临时封场后最初的持水率 $I_t = 23.6\%$ 。

圾堆体内持水率变化规律及最终封场后垃圾堆体内

(3) 剑川垃圾填埋场临时封场至最终封场垃

圾持水率的变化规律

表 3 填埋作业顺序、高程及不同高程汇水面积表

序号/年	填埋作业分区及作业顺序	不同高程面	汇水面积/m ²
1	2011	1#填埋区由垃圾坝底开始填筑, 高程为 2317 ~ 2321m	7181
2	2012	(1) 1#填埋区填筑高程为 2321 ~ 2325m (2) 1#填埋区临时封场	10080
3	2013	2#填埋区填筑高程为 2325.0 ~ 2328.0m	18220
4	2014	2#填埋区填筑高程为 2328.0 ~ 2330.0m	18220
5	2015	(1) 2#填埋区填筑高程为 2328.0 ~ 2330.0m (2) 2#填埋区临时封场	18220
6	2016	3#填埋区填筑高程为 2330.0 ~ 2333.0m	19200
7	2017	3#填埋区填筑高程为 2330.0 ~ 2333.0m	19200
8	2018	(1) 3#填埋区填筑高程为 2333.0 ~ 2335.0m (2) 3#填埋区临时封场	20500
9	2019	4#填埋区填筑高程为 2335.0 ~ 2337.0m	23430
10	2020	4#填埋区填筑高程为 2337.0 ~ 2340.0m	23430
11	2021	(1) 4#填埋区填筑高程为 2337.0 ~ 2340.0m (2) 4#填埋区临时封场	23430
12	2022	填埋场一期终场封场	

注: 此表数据来源于《剑川县城市生活垃圾处理工程初步设计》提供的填埋场库容和竣工图。

对国内卫生填埋场封场渗滤液的产生量的研究表明^[2], 填埋场临时封场至最终封场垃圾堆体内持水率变化规律和最终封场后垃圾堆体内垃圾持水率的变化规律如下:

①垃圾堆体临时封场和最终封场后 8a 垃圾渗滤液的产生量趋于稳定;

②渗滤液的产生量按照持水率的一定比例逐年降低;

③垃圾渗滤液出水稳定后 5a 产生的渗滤液可不考虑。

因此, 剑川填埋场临时封场至最终封场垃圾堆体内渗滤液产生量和最终封场后垃圾堆体内渗滤液的产生量按照持水率的 15%、13%、11%、……1% 逐年递减计算。

3.2.3 降雨量及蒸发量

(1) 降雨量

剑川 1990 ~ 2010 年平均降雨量 749.2mm, 折算日降雨量为 $I_j = 2.053\text{mm/d}$ 。

(2) 蒸发量

剑川 1990 ~ 2010 年平均蒸发量为 2182.9mm, 折算日蒸发量为 $I_p = 5.981\text{mm/d}$ 。

3.2.4 调节池的受水面积

调节池的受水面积为 3600m²。

3.2.5 填埋场内其它污水

填埋场内其它污水包括生活污水、生产废水及渗滤液处理系统深度处理工段产生的浓缩液经适当的处理后回流至调节池的污水。

(1) 生活用水量

综合生活用水量按 0.25m³/人·班计算, 定员按 3 人, 生活日用水量为 0.8m³/d。

(2) 生产用水

生产用水主要为处理车间地面冲洗、生产冲洗水约 2.0 m³/d。该部分水在渗滤液处理站投产运行后才产生。

(3) 未预见水量

按每天用水量 0.8m³/d 计。

(4) 渗滤液处理站回灌水

渗滤液处理站产生回灌水 15 m³/d, 含水率为 80%, 实际可产生渗滤液为 12 m³/d。

(5) 总用水量

根据以上计算, 本工程总日用水量和年用水量设计分为两个时期: 即渗滤液处理站建设前期、渗滤液处理站建设后期。计算总渗滤液产生量时, 2011 ~ 2012 年, 按照 13.6m³/d 计算; 2013 ~ 2022

按照 $15.6\text{m}^3/\text{d}$ 计算。

3.3 垃圾渗滤液产生量预测

3.3.1 填埋分区内垃圾渗滤液产生量预测

- (1) 1#填埋区渗滤液产生量预测见表4。
- (2) 2#填埋区渗滤液产生量预测见表5。
- (3) 3#填埋区渗滤液产生量预测见表6。
- (4) 4#填埋区渗滤液产生量预测见表7。
- (5) 调节池接纳降水量预测见表8。
- (6) 渗滤液产生总量预测见表9。

3.3.2 垃圾渗滤液总产生量预测曲线 (图1)

3.3.3 渗滤液产量预测曲线分析

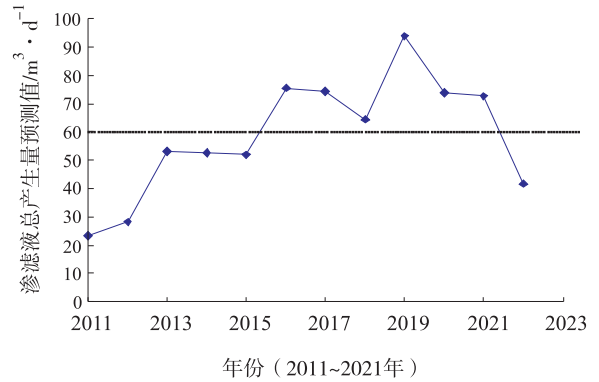


图1 垃圾渗滤液总产生量预测曲线图

表4 1#填埋区渗滤液产生量预测表 (m^3/d)

年份	渗滤液来源及产量						渗滤液总量
	正在作业		临时封场		最终封场		
	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	
2011	14.7	6.6	-	-	-	-	15.5
2012	20.7	7.1	-	-	-	-	19.5
2013	-	-	20.7	3.2	-	-	13.6
2014	-	-	20.7	2.2	-	-	12.5
2015	-	-	20.7	1.3	-	-	11.6
2016	-	-	20.7	0.7	-	-	11.0
2017	-	-	20.7	0.2	-	-	10.6
2018	-	-	-	0.1	-	-	0.1
2019	-	-	-	0.1	-	-	0.1
2020	-	-	-	0.1	-	-	0.1
2021	-	-	-	0.1	-	-	0.1
2022	-	-	-	0.1	-	-	0.1

表5 2#填埋区渗滤液产生量预测表 (m^3/d)

年份	渗滤液来源及产量						渗滤液总量
	正在作业		临时封场		最终封场		
	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	
2013	37.4	7.4	-	-	-	-	29.82
2014	37.4	7.9	-	-	-	-	30.31
2015	37.4	8.1	-	-	-	-	30.49
2016	-	-	37.4	3.7	-	-	22.45
2017	-	-	37.4	2.5	-	-	21.19
2018	-	-	37.4	1.5	-	-	20.17
2019	-	-	37.4	0.8	-	-	19.50
2020	-	-	-	0.3	-	-	0.28
2021	-	-	-	0.1	-	-	0.08
2022	-	-	-	0.1	-	-	0.10

表6 3#填埋区渗滤液产生量预测表

(m³/d)

年份	渗滤液来源及产量						渗滤液总量
	正在作业		临时封场		最终封场		
	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	
2016	39.4	8.6	-	-	-	-	32.2
2017	39.4	9.1	-	-	-	-	32.7
2018	42.1	9.2	-	-	-	-	34.4
2019	-	-	42.1	4.3	-	-	25.3
2020	-	-	42.1	2.8	-	-	23.9
2021	-	-	42.1	1.7	-	-	22.7
2022	-	-	42.1	0.9	-	-	21.9

表7 4#填埋区渗滤液产生量预测表

(m³/d)

年份	渗滤液来源及产量						渗滤液总量
	正在作业		临时封场		最终封场		
	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	雨水入渗	垃圾自身	
2019	48.1	10.3	-	-	-	-	39.2
2020	48.1	10.9	-	-	-	-	39.8
2021	48.1	11.2	-	-	-	-	40.0
2022	-	-	-	-	48.1	5.0	9.8

表8 调节池接纳降雨量预测表

年份	降雨量 /mm·d ⁻¹	蒸发量 /mm·d ⁻¹	调节池受水面积 /m ²	渗滤液产生量 /m ³	渗滤液蒸发量 /m ³	渗滤液剩余量 /m ³
2011	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2012	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2013	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2014	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2015	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2016	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2017	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2018	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2019	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2020	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2021	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9
2022	2.1	6.0	3600.0	3.1	9.0	-5.9

(1) 预测渗滤液产生量逐渐增加及运行期峰值出现的原因

根据图1, 2011~2022年预测垃圾渗滤液整体呈增加趋势, 2020年出现峰值, 产生的原因:

①垃圾渗滤液的主要来源为降水。随垃圾填埋场填埋高度的不断增加, 其汇水面积逐渐增加, 导致垃圾渗滤液的产生量整体呈增加趋势。

②2020年渗滤液预测产生量出现高峰值, 是因为3#填埋区临时封场, 4#填埋区开始填筑, 增大了汇水面积, 引起渗滤液的产生量增大, 引起预测的渗滤液产生量2018~2020年快速上升。

(2) 减小渗滤液产生较大波动频率及减弱峰值的措施

①在作业过程中, 垃圾作业面应及时覆土, 避免大量的雨水进入垃圾堆体;

②加强库区的清污分流, 让未与垃圾接触的降水不进入调节池;

③在作业的过程中, 对已填筑的填埋区垃圾采用薄膜覆盖等措施, 减少垃圾堆体面接纳降水的面积;

④在填埋区作业的衔接年份, 做好作业面流程的衔接工作, 保证填埋作业通畅、顺利及正常运行, 采取积极的措施, 减小降水进入垃圾堆体和填埋作业区的影响;

⑤在作业过程中, 注意维护不同高程临时截洪沟和填埋场永久截洪沟, 使其及时、通畅导流降水。

表9 垃圾渗滤液总量预测表

(m³/d)

年份	各填埋分区渗滤液产量				调节池接 纳降水量	其它污水	渗滤液总量
	1#填埋区 渗滤液产量	2#填埋区 渗滤液产量	3#填埋区 渗滤液产量	4#填埋区 渗滤液产量			
2011	15.5	-	-	-	-5.90	13.6	23.2
2012	19.5	-	-	-	-5.90	13.6	27.2
2013	13.6	29.8	-	-	-5.90	15.6	53.1
2014	12.5	30.3	-	-	-5.90	15.6	52.5
2015	11.6	30.5	-	-	-5.90	15.6	51.8
2016	11.0	22.4	32.2	-	-5.90	15.6	75.4
2017	10.6	21.2	32.7	-	-5.90	15.6	74.2
2018	0.1	20.2	34.4	-	-5.90	15.6	64.4
2019	0.1	19.5	25.3	39.2	-5.90	15.6	93.8
2020	0.1	0.3	23.9	39.8	-5.90	15.6	73.8
2021	0.1	0.1	22.7	40.0	-5.90	15.6	72.6
2022	0.1	0.1	21.9	9.8	-5.90	15.6	41.6

表10 多年平均降雨量情况下水量平衡表 (m³)

月份	渗滤液 产生量	渗滤液 处理量	月底调节 池蓄水量	调节池累 计蓄水量
1	147.53	1860.00	-1712.47	-1688.40
2	177.50	1680.00	-1502.50	-3190.90
3	112.43	1860.00	-1747.57	-4938.47
4	134.09	1800.00	-1665.91	-6604.38
5	1248.00	1860.00	-612.00	-7216.38
6	2008.49	1800.00	208.49	208.49
7	2945.32	1860.00	1085.32	1293.81
8	3167.20	1860.00	1307.20	2601.01
9	3595.13	1800.00	1795.13	4396.14
10	1029.85	1860.00	-830.15	3565.99
11	177.30	1800.00	-1622.70	1943.29
12	-59.22	1860.00	-1919.22	24.07

表11 20年一遇最大降雨量情况下60 m³/d的水量平衡表 (m³)

月份	渗滤液 产生量	渗滤液 处理量	月底调节 池蓄水量	调节池累 计蓄水量
1	556.40	1860.00	-1303.60	1530.62
2	-30.72	1680.00	-1710.72	-180.10
3	-13.78	1860.00	-1873.78	-2053.89
4	10.11	1800.00	-1789.89	-3843.77
5	2377.95	1860.00	517.95	517.95
6	3575.68	1800.00	1775.68	2293.63
7	3379.65	1860.00	1519.65	3813.28
8	4319.12	1860.00	2459.12	6272.40
9	2119.40	1800.00	319.40	6591.80
10	1356.30	1860.00	-503.70	6088.10
11	497.18	1800.00	-1302.82	4785.28
12	-91.06	1860.00	-1951.06	2834.22

⑥充分利用调节池的调蓄容积，对峰值年份的渗滤液进行调节，保证渗滤液处理设施的正常运行。

3.4 渗滤液处理规模确定

根据对图1的分析，并充分考虑到影响渗滤液产生量预测不利因素的影响，对逐年垃圾渗滤液产生量进行加权平均后，综合确定剑川县生活垃圾填埋场垃圾渗滤液处理站设计规模为60m³/d（2012~2021年）。

4 渗滤液调节池对规模的校核

现状垃圾填埋场已建有1座5400m³渗滤液调节池，在计算渗滤液处理站处理规模时应充分考虑调节池的调蓄作用。在这里结合现有渗滤液调节设施进行水量平衡校核计算。

根据以上各填埋区域的划分，选择渗滤液产生量和垃圾填埋汇水面积最大的2019年作为计算年，计算多年月均渗滤液产生量、渗滤液处理规模和调节池的水量关系，校核处理规模，详见表10。

由表10可知，在多年平均降雨量情况下按日均处理规模60m³/d计，6~11月有渗滤液剩余，最大剩余量为4396.14m³。其余月份无剩余量。渗滤液处理站处理规模与调节池的容积是匹配的。

考虑到云南省多年平均与20年一遇降雨区区别较大的特点，在这里进一步选择20年一遇最大降雨量产生的渗滤液，对剑川渗滤液处理规模进行校核。校核结果见表11。

通过20年一遇最大降雨量对剑川渗滤液产生量进行校核，校结果表明在9月份时，仍会有1191m³的渗滤液外溢风险，但总体余量不大，可通过以下两种方式加以解决：

(1) 调节池安全水深为 3m 时, 容积为 5400 m³, 当调节池满水临界水深为 4m 时, 容积可增加至 6400m³, 容积可满足 20 年一遇降雨年最大月的渗滤液调蓄, 不会发生渗滤液外溢。

(2) 根据现场调查, 垃圾填埋场现已建成一座回喷泵站, 环场铺设回喷管道, 泵站内配备有 2 台 IHG65-40-200 型单吸离心泵 (1 用 1 备), 流量 $Q = 25\text{m}^3/\text{h}$, 考虑在超过 20 年一遇降雨年的极端降雨时, 利用回喷泵站对多余渗滤液进行辅助回喷减量, 充分利用库区进行中转调蓄和蒸发减量, 不会发生渗滤液外溢。

综上, 在结合回喷辅助设施减量控制的情况下, 渗滤液处理站规模和现有渗滤液调节设施是匹配的, 即 60m³/d 渗滤液处理站规模可以满足大多数降雨条件下产生的渗滤液量, 处理规模合理。

5 结论

(1) 影响生活垃圾填埋场渗滤液产生量的因

素较多, 需对不同的影响因素进行综合分析, 确定最佳的计算参数和方法;

(2) 考虑剑川县多年平均与极端降雨年的降雨差别, 应对多种降雨情况进行水量平衡分析, 确保渗滤液处理规模满足大多数降雨条件下产生的渗滤液量;

(3) 考虑剑川县多年平均和极端降雨年的蒸发量都大于降雨量, 调节池的受水量与蒸发量的差值为负值的情况, 调节池不需要进行加盖处理;

(4) 在对已建生活垃圾填埋场进行渗滤液处理规模计算时, 应充分结合现有渗滤液调节设施进行水量平衡计算, 校核处理规模, 避免规模过大导致原有调节池空置或规模过小导致调节池渗滤液外溢的现象发生。

参考文献:

- [1] 楼紫阳, 柴晓利, 赵由才, 等. 生活垃圾填埋场渗滤液性质随时间变化关系研究 [J]. 环境科学学报, 2007, (6).

An Analysis of Calculating Leachate Treatment Station Capacity of Landfill in Jianchuan County

ZHANG Jun¹, SHAO Ling², HOU Juan¹

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

Abstract: Based on the leachate pathways of the landfill in Jianchuan County, a research is conducted about how to calculate the amount of the leachate, and to find out how it changes. The infiltration coefficient method is taken to analyze, year by year, the amount of leachate in different parts of the landfill. According to the leachate regulation facilities of the landfill, it is checked to see if the leachate treatment capacity is reasonable or not by using the water balance method.

Key words: solid waste leachate; infiltration coefficient method; treatment capacity; water balance; check

昆钢制氢站二次净化系统的优化改进

闫 莉

(昆明钢铁集团有限责任公司动力能源分公司, 云南 安宁 650302)

摘 要: 针对昆钢动力能源分公司制氢站建成投产后出现的环保污染和所带来的生产运行问题, 对制氢系统原装置技术存在问题进行分析, 提出优化改进方案, 并对实施后的效果、环境效益、经济效益等进行分析。优化方案的实施彻底解决了制氢站建成后产生的环保污染问题。

关键词: 制氢站; 净化系统; 问题; 改进; 实施; 效益; 昆钢

中图分类号: X5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0072-04

昆钢动力能源分公司制氢站投产于 2002 年, 当时采用干法脱萘、脱硫工艺, 该工艺需要定期对脱萘塔吸附剂进行再生。因再生废气排入大气造成污染, 引起周边居民多次上访。为解决环境污染问题, 于 2006 年经考查后新建一座湿式脱萘塔, 用 0#柴油脱除焦炉煤气中的萘。该塔建成后虽然解决了脱萘塔再生废气的污染问题, 但脱萘效果不理想, 并且运行费用高等问题相继显现: 按昆钢使用经验, 每两个月就更换 1 次柴油, 每次最少 45t, 年需柴油 270t, 费用约 230 万元; 柴油循环利用技术处于探索阶段, 目前因无现成的提取萘晶体及萘产品深加工的相关工艺装置及萘的回收量偏小等原因, 未能很好地解决柴油循环利用问题。为了进一步降低制氢系统原料气体中的萘含量, 有效延长三级压缩机及 100#预处理工序的运行周期, 2008 年 12 月完成制氢系统的工艺改造, 专门利用 3#脱萘塔和一组脱硫塔对制氢系统所用原料气体进行精处理。制氢站煤气二次净化系统原净化装置的生产运行状况基本能满足原焦炉煤气的净化能力和净化指标要求, 但由于原装置技术存在缺陷, 给生产和环保带来一系列问题。

1 制氢系统原装置存在的缺陷及带来的问题

1.1 原装置存在的缺陷

(1) 脱硫与脱萘流程顺序不合理: 原装置采取“先脱萘后脱硫”工艺;

(2) 脱硫工序与脱萘工序流程设计不合理: 采取完全串并联;

(3) 脱硫塔的进气方式和出气方式不合理: 原装置采取“塔顶进气塔底出气”工艺;

(4) TSA 塔的填料配置不合理: TSA 塔中的

焦炭装填量过大, 而活性炭装填量过小;

(5) 脱硫塔和 TSA 塔的安全设计不完善: 脱硫塔和 TSA 塔的进出口未设计有效切断装置;

(6) 采取再生方式不合理: 原装置采取过热蒸汽对 TSA 塔进行加热再生;

(7) 再生工艺不完善: 原装置对再生所产生的尾气未采取有效的处理方式。

1.2 原装置缺陷带来的问题

(1) 吸附剂和脱硫剂的使用寿命低。

(2) 采用焦炉煤气干法脱萘、脱硫工艺, 需要定期再生, 存在再生废气的对空排放, 不仅会造成环境污染, 不符合国家环保要求, 而且如不能再生利用, 使用周期只有 10~12 个月, 定期一次性更换年需要材料费约 80 万元, 造成运行成本过高, 不经济。

(3) 采用湿法脱萘工艺, 即采用柴油进行清洗脱萘, 柴油脱萘工艺解决环境污染问题, 但油蒸气易带入制氢系统预处理装置, 导致除油器、除萘器和变温吸附塔吸附剂污染, 严重影响吸附剂使用寿命。原设计除萘器和变温吸附塔使用周期为 1a, 除油器 3 个月; 目前除萘器和变温吸附塔年使用周期只有 0.5a, 除油器只有 2 个月, 无形当中运行周期缩短了一半, 增加生产成本 20 万元左右。运行成本高, 不利于降本增效。使用柴油脱萘塔, 每年需柴油费用 230 万元, 加之制氢系统预处理装置增加的生产成本 20 万元, 年共计 250 万元, 干式脱萘塔年更换吸附剂费用约 100 万元, 相比而言, 年可节约 150 万元运行成本。

2 改进优化方案

2.1 优化方案

原装置存在的问题都是由于装置的工艺技术不合理和不完善所致, 故要从根本上彻底解决装置存

在的问题,必须对相关工艺技术进行必要改进和优化完善,以达到装置安全稳定运行要求。以下就相关问题提出具体解决方案:

(1) 为适应现有的原料煤气气质和精制煤气的质量要求,首先对装置的工艺流程进行优化调整,将原先的“先脱萘后脱硫”工艺改造为“先脱硫后脱萘”工艺。

(2) 对工艺管道的接口进行调整,对脱硫工序的管道流程改造为“串并方式”,最大限度利用脱硫剂和吸附剂的理化性能。

(3) 对脱硫塔的进出方式由原有的“上进下出”方式改为“下进上出”方式。

(4) 对脱硫塔和 TSA 塔的工作制度进行优化调整。脱硫为 2 塔在线工作,4 台备用;脱萘为 2 塔在线工作,另 1 台再生备用。

(5) 根据现有脱硫塔规格对脱硫塔内的脱硫剂等装填物料类型、规格、数量和装填方式进行重新调整,使脱硫剂的装填量由 60.0t/塔调整为 49.625t/塔。脱硫剂的更换周期约为 1a。

(6) 根据现有 TSA 塔规格对 TSA 塔的吸附剂等装填物料类型、规格、数量和装填方式进行重新调整,提高吸附剂的有效装填量。TSA 塔只装填吸附剂,不装焦炭。TSA 塔单塔再生周期由 11d 左右提高到 35d 左右,可有效减少再生能耗。

(7) 配置优质的脱硫剂和吸附剂。确保各项工艺指标合格,确保脱硫剂和吸附剂的使用寿命。

(8) 采用安全环保的新工艺对 TSA 塔进行再生,使吸附剂使用寿命提高到 3a 以上,大大降低运行成本。新的再生工艺可以采用以下技术:用精制煤气作热载体对吸附剂进行加热再生,再生尾气回到煤气管网。采用蒸汽加热器对精制煤气加热,取消原有的电加热器。TSA 塔的再生温度由 350℃ 调整为 120℃,彻底解决再生尾气对生产环境的污染,显著降低再生能耗。

(9) 在每台脱硫塔和 TSA 塔的进出口增设手动盲板阀,对每台脱硫塔和 TSA 塔进行有效切断,以确保脱硫塔和 TSA 塔在更换填料和维修时的系统安全和人身安全。

(10) 建立完善装置的控制分析方法和制度,采用相应的国家标准对系统中的 H₂S、萘、焦油进行定期检验,确保各项控制指标合格。

2.2 工艺流程

本装置采用“两段串联塔式全干法净化”工艺,在脱除焦炉煤气中 H₂S 的同时一次性除去焦油、

萘、NH₃ 和 HCN 等杂质,得到合格的精制煤气。

脱硫工序由 6 台脱硫塔组成,从流程上形成并联组合。2 台脱硫塔同时在线工作,气体从塔底进入。并通过手动实现对脱硫塔的切换。脱硫塔内装填常温高效脱硫剂,由焦炭、常温氧化铁脱硫剂和瓷球等构成脱硫复合床。

脱萘工序由 3 台 TSA 塔组成,从流程上形成并联组合。2 台 TSA 塔同时在线工作,1 台再生备用。并通过手动控制方式实现对 TSA 塔的控制过程切换,以实现各个操作步序。塔内装填专用吸附剂,由吸附剂和瓷球等构成脱萘复合床。

吸附剂在常温下吸附焦炉煤气中的 H₂S、焦油、萘及 NH₃、HCN 等杂质,当吸附达到饱和后,切换到再生操作。用加热的精制煤气再生吸附剂,使吸附于吸附剂微孔内的杂质得到解析脱附。再生完全后,冷却床层,并可再次投入吸附操作。再生用的煤气为加压精制煤气。加压精制煤气通过调压计量,经蒸汽加热器加热后供给。再生使用后的煤气进入低压煤气管道回收。

脱萘塔再生步骤包括以下几个步骤:

(1) 逆放。逆放吸附方向,即朝着入口端回收净化煤气,回收煤气去界外。

(2) 加热解吸杂质。用净化后的煤气经加热器加热到 110~140℃ 后,逆着吸附方向吹扫 TSA 塔内吸附床层,使塔内吸附剂吸附的萘、焦油、NH₃ 及其它芳香族化合物在加热并冲洗下得以完全脱附再生。再生后的煤气送出界区。

(3) 冷却吸附剂。解吸完毕后,停止加热再生气,此时吸附剂床层的温度较高,吸附杂质的容量较低,为达到较好吸附杂质的目的,须将吸附剂的温度降低。再生后吸附塔在一定温度段内采用自然冷却,然后使用净化煤气逆着 TSA 塔进气方向吹扫吸附剂床层,使之冷却至常温。吹冷后的煤气也送出界区。

(4) 吸附塔等待再使用。

3 实施效果

制氢站二次净化系统改造工程于 2010 年 10 月 18 日动工,于 2011 年 1 月 3 日竣工。改造投产以来,先后对加压机及部分阀门进行优化整改,3 月、4 月、7 月分别对 1#、2#、3#脱萘塔顺利进行了再生,效果十分明显。该方案的实施,不仅取得了良好的环境效益、社会效益,还取得了较好的经济效益。

3.1 改造前后的工艺变化及效果

(1) 二次净化由“先脱萘再脱硫”改为“先脱硫后脱萘”，减少了单质硫的堵塞现象。

(2) 对脱硫塔的进出方式由原有的“上进下出”方式改为“下进上出”方式，并对工艺管道的接口进行调整，对脱硫工序的管道流程改为“串并方式”，最大限度地利用了脱硫剂和吸附剂的理化性能。

(3) 对脱硫塔内的脱硫剂等装填物料类型、数量和装填方式进行调整，原来全部装填脱硫剂（60t/塔）改为装填“7.225t（焦炭）+42.4t（脱硫剂）/塔”。脱硫剂的更换周期由不到1a延长为1~2a。

(4) 对脱萘塔内的脱硫剂等装填物料类型、数量和装填方式进行调整，原来装填“25t（活性炭）+20t（焦炭）”改为装填“活性炭40.25t/塔”，极大地提高了吸附剂的有效装填量。脱萘塔

单塔再生周期由11d左右提高到约35d左右，可有效减少再生能耗。

(5) 脱萘塔再生使用过热蒸汽改为用精制煤气做热载体对吸附剂进行加热再生，再生尾气回到煤气管网。采用蒸汽加热器对精制煤气加热，取消原有的电加热器，节约了电费。脱萘塔再生温度由350℃调整为120℃，彻底解决了再生尾气对周围环境的污染，显著降低了再生能耗。采用安全环保的新工艺对脱萘塔进行再生，使吸附剂使用周期延长到1~2a，大大降低运行成本。

(6) 对脱萘塔、脱硫塔进、出口分析化验结果的统计（表1）显示，新工艺完全能满足生产工艺要求（脱硫塔出口含H₂S量标准值为：≤10 mg/Nm³，脱萘塔出口的含萘量标准值为：≤100 mg/Nm³）。

表1 脱萘塔、脱硫塔进、出口分析化验结果统计 (mg/Nm³)

时间	脱硫塔进口	脱硫塔出口			脱萘塔进口	脱萘塔出口		
		最大值	最小值	平均值		最大值	最小值	平均值
2011	126.9	6.4	3.6	4.8	125.8	64	4.9	47
2012.1	101.2	5.7	5.7	5.7	126.1	51	51	51
2012.2	129.6	7.9	5.4	6.1	132.1	89	46	63
2012.3	123.8	7	3.7	5.2	123.5	83	38	53
2012.4	179.2	6.8	5.1	5.6	158.2	67	54	60
2012.5	180.5	6.6	5	5.6	158.5	56	38	47
2012.6	168.9	7	4.6	5.8	158.4	61	43	49
2012.7	165.2	6.9	3.7	5.5	151.4	56	38	47

备注：以上数据2011年为年均值，2012年为月均值。

3.2 经济效益分析

2011年活性炭价格为8000~10000元/t，焦炭价格为5000~6000元/t，脱硫剂价格为4000~4500元/t。

(1) 单个脱硫塔新装填工艺节约费用：

$$60 \times 4000 - (7.225 \times 5000 + 42.4 \times 4000) = 34275 \text{ 元,}$$

两个塔可节约费用：2 × 34275 = 68550 元。

(2) 脱硫剂使用寿命可延长一个周期，减少吸附剂费用：

$$60 \times 4000 \times 2 = 480000 \text{ 元。}$$

(3) 脱萘塔新装填工艺增加费用：

$$(25 \times 8000 + 20 \times 5000) - 40.25 \times 8000 = -22000 \text{ 元。}$$

(4) 按照新工艺脱萘塔吸附剂寿命可延长一个周期，减少吸附剂费用：

$$25 \times 8000 + 20 \times 5000 = 300000 \text{ 元。}$$

(5) 脱萘塔原来使用过热蒸汽再生，加热蒸汽用2台400kW的电加热器串联使用，按每年再生1~2次，每次加热需10d左右，若电费按0.50元/kWh计算，新工艺用蒸汽间接加热焦炉煤气，不耗电，年节约电费为：

$$400 \times 24 \times 10 \times 0.5 \times 2 \times 2 = 192000 \text{ 元。}$$

由此可知，方案实施后5项合计可减少生产运行成本101.855万元。

3.3 环境效益及社会效益

因新工艺所用的再生气和解析气均是焦炉煤气，所产生的废气直接送至昆钢轧钢混铁炉燃烧使用。所以该方案的实施，不仅彻底解决了制氢站再生废气污染环境的问题以及采用湿式脱萘塔所带来的煤气严重带油问题，而且还消除了对周围居民的健康影响，具有较好的环境效益和社会效益。

4 结语

昆钢制氢站通过将近两年的运行证明,制氢站二次净化系统的优化改造新工艺不仅能满足生产需要,而且还彻底解决了困扰企业多年的再生废气污

染环境问题,解析废气得到充分回收利用,实现了节能减排,极大地降低了生产运行成本,具有广泛的推广运用价值。

Optimum Improvement of Secondary Purification System of Hydrogen-Producing Station in Kunming Iron and Steel Company

YAN Li

(Power and Energy Division of Kunming Iron and Steel Company Ltd., Anning Yunnan 650302)

Abstract: In Power and Energy Division of Kunming Iron and Steel Company, a technical analysis of the hydrogen-producing facility is conducted due to the environmental pollution and operational problems resulted from its operation. The proposal is made on how to improve it in this article, and the operational performance, environmental and economic benefit after its implementation are discussed. The environmental problems of the hydrogen-producing station are thoroughly solved after the implementation of the optimum improvement project.

Key words: hydrogen-producing station; purification system; problem; improvement; implementation; benefit; Kunming Iron and Steel Company



《环境科学导刊》杂志

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

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

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

邮局汇款

邮政编码: 650034

汇款地址: 昆明市西山区气象路王家坝23号

收款人: 《环境科学导刊》杂志社

电话: 0871-4142389

银行转帐

开户名: 云南省环境科学研究院

开户银行: 建行昆明市西园南路支行

帐号: 53001615637050309169

E-mail: ynhjkx@yies.org.cn

制浆废水的回用中试研究

杨淑霞¹, 沈 鸿²

(1. 威立雅工业水处理上海有限公司, 上海 200041;
2. 宁波市经济技术开发区投资合作局, 浙江 宁波 315800)

摘 要: 通过在一个百万吨级化学浆厂进行废水的中试试验, 研究了回用预处理工艺和反渗透运行效果, 探讨了反渗透浓水的处理方法, 表明制浆废水膜法回用技术上可行。

关键词: 制浆废水; 回用; 反渗透; 浓水处理

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0076-02

制浆行业生产耗水量大, 纯制浆企业根据纸浆原料不同, 吨浆耗水量在 20~130t。我国淡水资源缺乏的现实要求现有和新建的造纸和纸浆企业考虑采用废水回用来实现节约新鲜水的消耗。

制浆废水的有机污染物中含有难以生物降解的纤维素, 这是否会造成膜的污染, 是膜法回用工艺需要考虑的一个重要因素。通过在山东地区一家百万吨级的化学浆生产厂家进行废水回用中试研究,

为大规模回用系统设计以及将来的运行操作提供实际工艺参数。

1 回用系统进水水质

中试采用浆厂污水处理厂的出水作为进水, 采样分析得到的平均水质如表 1。

虽然经过污水厂的气浮工艺深度处理, 但作为膜法回用, 进水的 SS 值不符合反渗透膜标准, 因此需要进行预处理。

表 1 回用系统进水水质 (mg/L)

参数	pH	电导率/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	凯式氮	SS	COD _{Cr}	总磷	CaCO ₃ 硬度
数值	5.6	5210	3.56	15	71.7	0.03	22
参数	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
数值	832	497	0.33	70	12.7	647	20

1.1 中试设备工艺流程

中试设备的预处理部分包含混凝、絮凝以及沉淀的物化工艺, 之后进入双膜法, 具体流程见图 1。

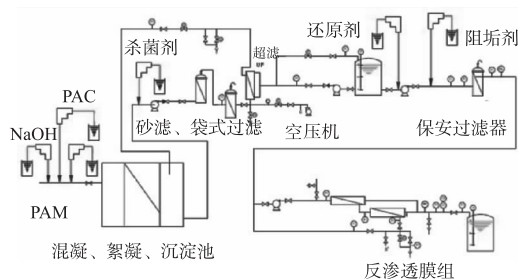


图 1 回用中试设备流程图

1.2 中试设备处理能力

中试设备的处理能力: 超滤进水 30 m³/d, 出水 26.6 m³/d; 反渗透进水 26.6 m³/d, 反渗透出 18.6 m³/d。系统设计总回收率约为 60%。

2 中试设备运行效果

2.1 预处理效果

通过调整加药并及时进行采样和水质分析, 最佳预处理加药方案为: 同时投加 PAC 和 PAM, PAC 投加量在 4~5 mg/L, PAM 投加量在 2~3 mg/L 时, 沉淀池出水的 SS 和 COD 可以达到: SS < 2 mg/L, COD < 54 mg/L, SS 和 COD 的去除率分别达到 87% 和 24.6%, 降低后续预处理工艺的负荷。经过超滤后, 出水的平均 SDI₁₅ 在 1.3~3.6, 完全满足反渗透膜进水 SDI₁₅ < 5 的要求。

2.2 反渗透系统运行效果

在中试两个月期间, 整个回用系统处于连续运行状态, 期间只进行过一次在线清洗, 一级两段式

收稿日期: 2012-07-05

通讯作者: 杨淑霞 (1978-), 女, 中级工程师, 同济大学环境工程专业硕士学位, 就职于威立雅工业水处理 (上海) 有限公司, 项目经理, 主要负责工业水处理项目管理, 包含工业冷却水、污水处理以及回用。

反渗透出水的电导率平均为 165 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，水质较好，可以代替自来水用于制浆车间生产工艺中，或作为混床进水制备锅炉补给水。

3 反渗透浓水处理

3.1 浓水处理的必要性

采用膜法回用，存在浓水的排放问题，由于浓水中 COD_{Cr} 得到浓缩，以 60% 的整体回收率计算，根据经过预处理后废水的 COD_{Cr} 平均值 54 mg/L 计算，浓水中 COD_{Cr} 平均值可达 135 mg/L，超出了制浆造纸工业水污染物排放标准（GB3544 - 2008）中规定的 $\text{COD}_{\text{Cr}} < 100$ mg/L 的标准^[1]。因此需要对浓水进行深度处理。

3.2 浓水处理工艺

经过生化处理的制浆废水中，通常 BOD_5 的浓度非常低（ < 20 mg/L），可生化性差，无法通过生化处理继续降解 COD_{Cr} 。因此中试期间进行了用 FENTON 氧化法处理浓水的研究。

研究表明，在同时投加 2 mg/L 的 PAM 溶液（0.1% 浓度），1 mg/L 的 FeSO_4 （5% 浓度，以 Fe

计算），以及 1 mg/L 的双氧水（27.5% 浓度）的情况下，浓水 COD_{Cr} 可以从 150 mg/L 降为 68mg/L，满足行业排放标准。

4 结论

（1）制浆废水膜法回用需要预处理，在适当的加药量情况下，混凝絮凝沉淀后可以将 SS 降为 $< 2\text{mg}/\text{L}$ ， $\text{COD} < 54$ mg/L；

（2）进一步经过滤和超滤后， SDI_{15} 在 1.3 ~ 3.6，完全满足反渗透膜进水 $\text{SDI}_{15} < 5$ 的要求；

（3）通过 2 个月的中试连续运行，反渗透膜经过 1 次清洗，清洗频率对于回用水系统来讲较为合理。说明通过合理的预处理，制浆废水可实现回用；

（4）反渗透浓水的 COD_{Cr} 较高，通过 FENTON 氧化实验证明，在投加 PAM 情况下，可以将 COD_{Cr} 降至排放标准以下，可达标排放。

参考文献：

[1] GB3544 - 2008，制浆造纸工业水污染物排放标准 [S].

A Pilot Study on Pulp Wastewater Reuse

YANG Shu-xia¹, SHEN Hong²

(1. Veolia Water Industrial Shanghai Co. Ltd., Shanghai 200041 China)

Abstract: A wastewater reuse pilot study is conducted in a chemical pulp plant with a capacity of a million tons. Its effects on the pretreatment process and the RO system operation are studied, and RO brine treatment is tested. It is technically feasible to reuse pulp wastewater by membrane technology.

Key words: pulp wastewater; reuse; reverse osmosis; brine treatment

海泡石在重金属废水处理中的应用

李冬 陈华军

(洛阳理工学院环境工程与化学系, 河南 洛阳 471023)

摘要: 海泡石是目前比表面积最大的无机矿物材料, 具有良好的吸附性。在分析了海泡石结构及改性的基础上, 综述了海泡石在重金属废水处理中的应用, 指出了应用中的问题并对应用前景进行展望。

关键词: 海泡石; 吸附; 重金属废水; 应用

中图分类号: X13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0078-04

重金属废水产生于机械制造、采矿、金属冶炼、化工、电子生产等行业, 是对人类危害最大、对环境污染最严重的工业废水之一, 具有毒性强、不可降解、持久性等特点, 水体中的重金属可通过食物链最终危害人类健康。处理重金属废水的方法有化学沉淀法^[1] (氢氧化物沉淀法、难溶盐沉淀法等)、氧化还原法、电化学法^[2]、铁氧体法^[3]、离子交换法、膜技术、吸附法^[4]等。其中吸附法具有操作简便、处理效果好、吸附剂可再生、可回收有用物质等优点, 尤其适于处理低浓度的重金属废水。最广泛使用的吸附剂为活性炭, 但活性炭不仅价格昂贵, 且再生时有损耗, 目前对矿物材料吸附的研究日益深入, 沸石、坡缕石、膨润土、海泡石等一些天然的粘土矿物材料, 由于特有的孔道结构和晶体表面生长缺陷的发育导致其具有大的比表面积和较强的吸附性, 被广泛地研究于废水处理。其中海泡石具有贯穿整体结构的孔道及孔隙, 并且表面含有大量的碱性中心和酸性中心^[5], 故对金属离子这类极性物质有较强的吸附能力。

1 海泡石的结构及改性

1.1 海泡石的结构

海泡石是一种链层状富镁硅酸盐粘土矿物, 其标准晶体化学式为: $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 \cdot 8H_2O$ 。海泡石由很多互相平行的晶层构成, 每个晶层都是由顶、底的硅氧四面体和中间的镁氧八面体构成, 相邻晶层间充填着水分子和可交换的阳离子 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等, 因类质同象也混入了 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 等离子。海泡石这种独特的结构导致其具有巨大的比表面积和较强的吸附性与离子交换

性^[6]。其理论比表面积为 $900m^2/g$ 。但天然海泡石由于成矿时与方解石、石英、蒙脱石、伊利石等共生或伴生, 故其比表面积远小于理论值, 吸附性和离子交换性较弱。只有通过提纯、改性, 海泡石才能增大比表面积, 使吸附性能提高。

1.2 海泡石的改性

1.2.1 海泡石的提纯

海泡石矿中主要矿物成分有海泡石、蛋白石、方解石、石英、滑石、伊利石、蒙脱石等。由于化学法提纯设备易腐蚀, 一般采用物理法提纯。提纯流程为: 将海泡石原矿以固液比 1:10 与水混合, 浸泡 24h 使其松散, 再加入 1% 的焦磷酸钠作为分散剂, 低速搅拌 20min, 然后高速搅拌 40min, 静置沉淀, 当出现稳定沉淀层后将上层悬浮液抽滤, 水洗滤饼后烘干, 即得精制海泡石, 纯度由原矿的 27.1% 上升到 74.4%^[7]。分散剂也可使用六偏磷酸钠、硅酸钠等。

1.2.2 海泡石的改性方法

用于吸附处理重金属废水的海泡石一般采用酸改性、热改性和铁改性。

酸改性一般采用盐酸对海泡石进行处理。适当的盐酸浓度和反应时间可以去除与海泡石共生的方解石, 并取代部分孔道中的可交换离子, 如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等, 然后逐步脱除镁氧八面体骨架中的 Mg^{2+} , 使其 $Si-O-Mg-O-Si$ 键变成两个 $Si-OH$ 键, 导致半径 $<1nm$ 的孔洞数量减少, 而半径为 $1\sim5nm$ 的孔洞数量增加^[8,9], 从而增加海泡石的比表面积和吸附能力。然而过大的酸浓度会使骨架中 Mg^{2+} 脱除率过高, 大部分微孔和中孔转变为大孔, 并致使孔道坍塌, 使海泡石的基本结构破坏, 导致比表面积降低^[10]。

海泡石从室温 $\sim 300^\circ C$ 时, 吸附水、层间水、

收稿日期: 2012-08-13

作者简介: 李冬 (1973-), 男, 河南洛阳人, 副教授, 工学学士, 研究方向为固废资源化和水污染控制。

沸石水逐步脱除,海泡石结构保持稳定;300℃~800℃时结晶水逐渐脱除,海泡石结构发生畸变,但原结构骨架仍然保持;继续升温至1000℃,海泡石失去结构水,转变为斜顽辉石和方石英^[11,12]。热改性即通过焙烧使海泡石脱除孔道中的吸附水、层间水、沸石水及部分结晶水,从而形成内表面积很大的空穴,同时加大了晶层间孔道的横截面,使吸附质分子更容易进入,增加了海泡石的比表面积,使其吸附能力提高。由于海泡石产地、成因、成分的差异,热改性的温度不同,但一般采用低于500℃的温度进行活化。

表1给出了部分酸改性及酸热联合改性的工艺参数,表中后处理指酸改性抽滤水洗后再进行的处理。

表1 酸及酸热联合改性海泡石的工艺参数

盐酸浓度	固液比	温度/℃	时间/h	后处理	来源
5%	1:15	70	1	110℃12h	文献13
1mol/L	1:10	65	10	450℃C5~6h	文献14
15%	1:5	室温	48	320℃C4h	文献15
1mol/L	1:10	70	18	450℃C4~5h	文献16

铁改性是采用 Fe^{3+} 盐处理海泡石,使 Fe^{3+} 取代海泡石中的平衡离子 Ca^{2+} ^[17],致使海泡石有多余的正电荷,易于从水中去除阴离子。铁改性后的海泡石表面纤维束被剥离,表面较粗糙,并出现虫洞状的孔,这种结构增大了海泡石的孔隙率,使吸附能力加强^[18]。铁改性工艺为:称取10g海泡石精矿粉,加入5%的 FeCl_3 溶液(固液比1:5),常温下搅拌浸渍24h,抽滤,用水洗去未负载的铁至pH为中性,所得泥饼置于105℃烘箱中烘干,冷却后粉碎,过100目筛^[19]。改性剂也可使用 $\text{NH}_4 \cdot \text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ^[20]。

海泡石改性后比表面积有所增加。表2给出了改性前后海泡石比表面积的变化。

表2 海泡石改性前后比表面积的变化

产地	比表面积 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$		改性方法	来源
	改性前	改性后		
湖南浏阳	94.0	190.0	酸热改性	文献21
河北易县	22.70	301.47	酸改性	文献10
湖南浏阳	37.015	145.958	铁改性	文献22
江西乐平	204.0	554.4	酸热改性	文献23

2 海泡石处理重金属废水

2.1 海泡石处理阳离子重金属废水

祁盈^[24]等对海泡石先250℃热改性2h,再用5%盐酸改性,在pH值为8.0左右,改性海泡石用量为5g/L, Cd^{2+} 质量浓度为10mg/L,吸附时间为35min时,对 Cd^{2+} 的吸附去除率可达到97%。朱霞萍^[25]等将0.25g海泡石加入到pH值在6~8,25ml Cd^{2+} 浓度为20mg/L的溶液中,吸附12h,吸附率达到98%以上。杨胜利^[26]等将0.02g海泡石加入到50ml含 Cd^{2+} 浓度为1mg/L的溶液中,在pH为7.0的条件下,可将 Cd^{2+} 浓度降至0.05mg/L以下;对含 Cd^{2+} 浓度为10mg/L的溶液,海泡石具有17.54mg/g的吸附交换容量。

陈昭平^[15]等制备的酸热联合改性海泡石在pH值为6~6.5的条件下,对 Pb^{2+} 和 Cd^{2+} 的饱和吸附量分别为22.72mg/g和11.03mg/g。罗道成^[21]等将酸热联合改性海泡石400g装柱($\Phi_{\text{内}} 30\text{mm} \times 400\text{mm}$),滤速5ml/min,pH值为5时,通过1L浓度分别为100mg/L的 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 溶液,三种离子的去除率均达98%以上;该柱通过pH值为8.7,含 Pb^{2+} 34.5mg/L、 Hg^{2+} 23.8mg/L、 Cd^{2+} 27.6mg/L的冶金废水1L, Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 的出水浓度分别为0.13mg/L、0.02mg/L、0.06mg/L。金胜明^[27]等将酸热联合改性的海泡石300g装柱,处理1.5L含 Pb^{2+} 18.5mg/L、 Cd^{2+} 13mg/L、 Hg^{2+} 10mg/L的冶金废水(pH为4.5),出水中的 Pb^{2+} 0.07mg/L、 Cd^{2+} 0.03mg/L、 Hg^{2+} 0.01mg/L。

高银萍^[28]等在50℃用1.5%~2.0%的盐酸浸泡24h对海泡石进行改性,改性海泡石用量为3g/100ml,加入到pH值为8,浓度为40mg/L的 Pb^{2+} 溶液中,30℃时吸附20min, Pb^{2+} 浓度下降到6mg/L;对100ml Pb^{2+} 、 Cr^{3+} 均为100mg/L的pH值为8的混合废水加入3g改性海泡石,在30℃吸附20min,出水中 Pb^{2+} 、 Cr^{3+} 的浓度分别为12mg/L和10mg/L。

刘玉芬^[29]等将酸热联合改性海泡石以4g/L的比例,在初始pH为7.0,温度为35℃的条件下,对含有50mg/L的 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 的废水进行吸附,对 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 的去除率分别为83.4%、80.9%、78.8%。

杨胜利^[30]等将0.25g海泡石加入到50ml含 Pb^{2+} 为10mg/L的溶液中,在pH为6.5的条件下,可将 Pb^{2+} 浓度降至0.05mg/L以下;对含 Pb^{2+} 浓度为10mg/L的溶液,海泡石具有19.9mg/g的吸附交换容量。

林大松^[31]等研究表明,海泡石在 Cu^{2+} 浓度为

20~160mg/L 的范围内,对 Cu^{2+} 具有很好的吸附去除效果;当溶液 pH 值在 6.0 左右,海泡石用量为 0.4g/100ml, Cu^{2+} 浓度为 100mg/L, 吸附时间为 2h 时,对 Cu^{2+} 的吸附去除率可达到 94.8%。侯立臣^[32] 等将海泡石提纯后进行酸改性,当 Cu^{2+} 浓度为 100mg/L, 改性海泡石用量在 10~35g/L 时,吸附 2h, Cu^{2+} 的去除率能达到 90% 以上,最高可达 99%。

贾娜^[14] 等制备的酸改性海泡石在 pH 为 6, 吸附温度为 30℃, 通过 Langmuir 方程得到 Zn^{2+} 的饱和吸附量高于 24mg/g。

张小礼^[33] 等将酸改性海泡石处理 pH 为 8, Sr^{2+} 浓度为 100mg/L 的废水,投加量为 10g/L, 对 Sr^{2+} 的去除率可达到 76.5%。郑宜昌^[34] 制备的酸改性海泡石对 Sr^{2+} 的吸附量由原矿的 30mg/g 左右提高到 60mg/g 左右;热改性海泡石则提高到 45mg/g 左右。

2.2 海泡石处理阴离子重金属废水

某些重金属在水中以阴离子形式存在,如 Cr^{6+} 以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 或 CrO_4^{2-} 形式, As^{5+} 以 AsO_4^{3-} 形式等。改性后的海泡石,尤其是铁改性海泡石可有效地从水中吸附去除这些有害离子。

郭添伟^[35] 等将海泡石提纯后进行酸改性,用 0.5g 改性海泡石处理 100ml Cr^{6+} 浓度为 100mg/L 的废水,在 pH 为 5, 温度为 20℃, 吸附 8h, 对 Cr^{6+} 的去除率达 98% 以上;用 0.5g 改性海泡石处理 100ml 景德镇某厂含铬电镀工业废水 (pH = 5, Cr^{6+} 浓度为 18.6mg/L), 处理后的废水中 Cr^{6+} 的含量为 0.15mg/L, 达到国家排放标准。

陈刚等^[36] 将制备的铁改性海泡石 3g 加到 100ml、pH 为 6.0 的 30mg/L 的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 溶液中, 吸附 30 min, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的去除率可达 99.7%。杨明平^[20] 等研究表明,在温度为 25℃、pH 值为 3~6 的条件下,0.25g 铁改性海泡石吸附处理 100mL 含 Cr^{6+} 35mg/L 的废水, 吸附 12h, 对 Cr^{6+} 的去除率在 99.5% 左右, 废水中 Cr^{6+} 的浓度低于 0.2mg/L。

徐秋云等^[37] 研究发现,未改性海泡石对 100mg/L 的 Cr^{6+} 在 pH 值在 3~6 时, 吸附率低于 10%, 而铁改性的海泡石吸附率可达到 90%, 对 Cr^{6+} 的饱和吸附量约为 11mg/g。

铁改性海泡石对 50mg/L 的含 As^{5+} 溶液在 pH 值为 4~7 时, 吸附率接近 100%, 对 As^{5+} 的饱和吸附量约为 20mg/g^[17]。

杨胜科等^[38,39] 研究表明,2.0g 未改性的海泡

石对 200ml 浓度为 1mg/L 的含 As^{3+} 和 As^{5+} 溶液, 吸附去除率分别为 11.5% 和 13.0%; 而用 FeCl_3 改性的海泡石用量为 0.1g 时, 对同样的溶液, As^{3+} 和 As^{5+} 的吸附去除率分别为 93.1% 和 95.2%。

铁改性海泡石也能有效地去除水中的 Sb^{3+} , 吸附用的 Sb^{3+} 以 $\text{C}_8\text{H}_4\text{Sb}_2\text{O}_{12}^{2-}$ 形式存在^[18]。谢治民等^[19] 将未改性海泡石 0.1g 加入到 50ml Sb^{3+} 浓度为 50mg/L 的溶液中, 去除率为 21%, 吸附量为 5.18mg/g; 而铁改性海泡石相应的去除率为 92%, 吸附量为 22.98mg/g。李双双等^[40] 研究表明,在温度为 15~35℃, 铁改性海泡石对 Sb^{3+} 均保持较大的吸附量, 在 25℃, Sb^{3+} 起始浓度为 75mg/L 时, 铁改性海泡石对 Sb^{3+} 的吸附量可达 28.575mg/g, 吸附饱和后可用 0.1mol/L 的 NaOH 溶液再生, 吸附脱附 5 次后吸附性能下降并不明显。

3 结论

海泡石由于其独特的晶体结构,使其具有仅次于活性炭的比表面积^[41]。通过提纯和改性,海泡石能有效地吸附废水中的重金属离子。

我国海泡石资源丰富,湖南浏阳、湘潭、宁乡、望城、湘乡等地,河北易县、张家口、唐山、涿源、涿鹿等地,河南西峡、内乡、卢氏、南召等地,江西乐平、安徽全椒、湖北广济等地均有海泡石矿藏^[42], 为开发新型吸附材料提供了物质资源,将海泡石应用于废水处理,可使处理成本降低。

但我国目前对海泡石处理废水的研究仍大多处于实验室阶段,并且提纯和改性工艺仍较繁琐,处理时间长,还有待进一步研究出更加合适的处理工艺,才有望将海泡石广泛地应用于废水处理。

参考文献:

- [1] 郭燕妮,方增坤,胡杰华,等. 化学沉淀法处理重金属废水的研究进展 [J]. 工业水处理, 2011, 31 (12): 9-13.
- [2] 刘绍忠. 电化学法处理重金属废水的应用研究 [J]. 工业水处理, 2010, 30 (2): 86-88.
- [3] 彭位华,桂和荣. 国内铁氧体法处理重金属废水应用现状 [J]. 水处理技术, 2010, 36 (5): 22-27.
- [4] 邹照华,何素芳,韩彩芸,等. 吸附法处理重金属废水研究进展 [J]. 环境保护科学, 2010, 36 (3): 22-24, 108.
- [5] 李松军,罗来涛. 海泡石的改性研究 [J]. 江西科学, 2001, 19 (1): 61-66.
- [6] 金胜明,阳卫军,唐谟堂. 海泡石的表面改性酸法处理研究 [J]. 现代化工, 2001, 21 (1): 26-28.
- [7] 李彩亭,肖辰畅,李珊红,等. 海泡石颗粒的制备及其吸附油烟效能的研究 [J]. 环境科学与技术, 2006, 29 (4): 16-18.
- [8] 李计元,周彩楼,马玉书,等. 酸活化和热活化对海泡石显

- 微结构的影响 [J]. 非金属矿, 2008, 31 (6): 13-15.
- [9] 徐应明, 梁学峰, 孙国红, 等. 海泡石表面化学特性及其对重金属 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cu^{2+} 吸附机理研究 [J]. 农业环境科学学报, 2009, 28 (10): 2057-2063.
- [10] 徐应明, 梁学峰, 孙国红, 等. 酸和热处理对海泡石结构及吸附 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 性能的影响 [J]. 环境科学, 2010, 31 (6): 1560-1567.
- [11] 王吉中, 陈安国. 用红外吸收光谱法研究海泡石的热相变 [J]. 华东地质学院学报, 1997, 20 (3): 252-256.
- [12] 王吉中, 陈安国. 热处理海泡石石棉研究 [J]. 河北地质学院学报, 1996, 19 (3): 319-323.
- [13] 刘菁, 邓苗, 胡子文, 等. 海泡石改性及吸附 Zn^{2+} 研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30 (4): 716-720.
- [14] 贾娜, 王海滨, 霍冀川. 改性海泡石对 Zn^{2+} 离子的吸附研究 [J]. 中国矿业, 2006, 15 (4): 70-72.
- [15] 陈昭平, 罗来涛, 李永绣, 等. 酸处理对海泡石的表面及吸附 $Pb(II)$ 、 $Cd(II)$ 的影响 [J]. 应用化学, 1999, 16 (5): 9-12.
- [16] 胡忠于, 罗道成, 易平贵, 等. 改性海泡石对电镀废水中 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 的吸附 [J]. 材料保护, 2002, 35 (5): 45-47.
- [17] 徐秋云, 魏琴, 万胜. 铁改性海泡石对水中有害阴离子的吸附 [J]. 环境保护, 1995, (11): 11-12, 29.
- [18] 谢治民, 陈镇, 刘唐贵, 等. 铁改性海泡石除铈影响因素及再生研究 [J]. 工业水处理, 2009, 29 (11): 35-39.
- [19] 谢治民, 陈镇, 刘伟光, 等. 铁改性海泡石的研制及稳定性研究 [J]. 化工矿物与加工, 2009, (5): 8-11.
- [20] 杨明平, 彭荣华, 李国斌. 用改性海泡石处理含铬废水 [J]. 材料保护, 2003, 36 (4): 54-55.
- [21] 罗道成, 易平贵, 陈安国, 等. 改性海泡石对废水中 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 吸附性能的研究 [J]. 水处理技术, 2003, 29 (2): 89-91.
- [22] 李双双, 戴友芝, 李娜, 等. 铁改性海泡石的研制及吸附铈特性 [J]. 水处理技术, 2009, 35 (5): 49-52.
- [23] 陈昭平, 罗来涛, 李永绣, 等. 酸处理对海泡石表面及其结构性质的影响 [J]. 南昌大学学报 (理科版), 2000, 24 (1): 68-72.
- [24] 祁盈, 周时光. 活化海泡石对含镉废水的吸附研究 [J]. 广州化工, 2008, 36 (2): 71-73.
- [25] 朱霞萍, 白德奎, 李锡坤, 等. 镉在蒙脱石等粘土矿物上的吸附行为研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28 (6): 643-648.
- [26] 杨胜科, 费晓华. 海泡石处理含镉废水技术研究 [J]. 化工矿物与加工, 2004, 33 (9): 16-17, 20.
- [27] 金胜明, 阳卫军, 唐谟堂. 海泡石表面改性及其应用试验研究 [J]. 非金属矿, 2001, 24 (4): 23-24, 49.
- [28] 高银萍, 翟学良, 申玉双. 海泡石对金属离子的吸附作用及再生性研究 [J]. 无机盐工业, 1995, (2): 17-19.
- [29] 刘玉芬, 蒋名乐, 铸华, 等. 酸、热联合改性海泡石处理多金属废水 [J]. 广州化工, 2011, 39 (21): 137-139.
- [30] 杨胜科, 周春雨, 张威, 等. 非金属矿物材料处理含铅废水影响因素探讨 [J]. 化工矿物与加工, 2002, 31 (5): 11-12, 28.
- [31] 林大松, 徐应明, 孙国红, 等. 海泡石黏土矿物对 Cu^{2+} 的吸附动力学研究 [J]. 环境化学, 2009, 28 (1): 58-61.
- [32] 侯立臣, 王继徽. 活化海泡石吸附性能研究 [J]. 污染防治技术, 1999, 12 (1): 40-42.
- [33] 张小礼, 周时光, 肖正学. 海泡石捕集废水中铈的研究 [J]. 工业用水与废水, 2003, 34 (3): 33-35.
- [34] 郑宜昌. 浏阳海泡石粘土物化性能及对放射性核素铈的吸附作用 [J]. 中国非金属矿工业导刊, 2009, (6): 47-49.
- [35] 郭添伟, 夏光华, 占俐琳, 等. 改性海泡石处理含铬工业废水的试验研究 [J]. 陶瓷学报, 2003, 24 (4): 215-218.
- [36] 陈刚, 李芬芳, 戴友芝. 改性海泡石处理含 $Cr(VI)$ 废水研究 [J]. 杭州化工, 2009, 39 (2): 26-28.
- [37] 徐秋云, 于网林, 董京. 海泡石吸附水中有害离子的研究 [J]. 化学世界, 1994, (4): 180-182.
- [38] 杨胜科, 王文科, 张威, 等. 水体系中高砷去除方法探讨 [J]. 西北地质, 1999, 32 (4): 47-50.
- [39] 杨胜科, 王文科, 李翔. 改性海泡石处理含砷饮用水研究 [J]. 化工矿物与加工, 2000, 29 (10): 13-16.
- [40] 李双双, 戴友芝, 于磊, 等. 铁改性海泡石除铈的影响因素研究 [J]. 环境工程学报, 2009, 3 (3): 485-488.
- [41] 张江凤, 段星. 海泡石的性能及其应用 [J]. 中国非金属矿工业导刊, 2009, (4): 19-22.
- [42] 梁凯. 海泡石的矿物学研究与其在环境治理中的应用 [D]. 长沙: 中南大学, 2008: 1-3.

Application of Sepiolite in Heavy Metal Wastewater Treatment

LI Dong, CHEN Hua-jun

(Department of Environmental and Chemical Engineering, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang Henan 471023 China)

Abstract: The sepiolite is an inorganic mineral with the largest specific surface area, and it has an excellent adsorptive ability. The application of the sepiolite in heavy metal wastewater treatment is discussed based on the structure and modification of the sepiolite. The drawbacks and prospect of its application are also pointed out.

Key words: sepiolite; adsorption; heavy metal wastewater; application

基于生态足迹的福州仓山区生态安全评价

薛若晗

(闽江学院地理科学系, 福建 福州 350108)

摘要: 以生态足迹分析方法为基础, 利用生态压力指数对福州市仓山区 2010 年的生态安全进行初步研究和评价。结果表明, 仓山区 2010 年的生态足迹为 0.845255ghm^2 , 生态压力指数为 2.693。仓山区的人口消费需求超过了自然生态系统的承载能力, 可持续发展状况不容乐观, 生态环境处于不安全状态。就此提出建议。

关键词: 生态足迹; 生态承载力; 生态安全; 福州仓山区

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0082-04

1 前言

生态安全一般是指在外界不利因素的作用下, 人与自然不受损伤、侵害或威胁, 人类社会的生存发展能够持续, 自然生态系统的健康和完整能够保持^[1]。近年来, 国内外学者一直在研究衡量生态安全的各种方法。生态足迹分析法以其简洁和普适性, 而被经常使用。该方法最早是于 1992 年由加拿大生态经济学家 William Rees 及其博士生 Wackernagel 提出^[2], 它通过核算人类对自然生态服务的需求与自然所提供的生态服务之间的差距, 评价人类对自然资源的利用情况, 进而判断评价区域的可持续发展和生态安全状况^[3]。自从生态足迹分析法引入中国后, 国内学者也运用它对不同地域空间尺度和社会领域进行生态安全相关研究。如, 杨开忠等系统地介绍了生态足迹分析法的理论框架、指标体系和计算方法, 对其应用前景作出评价^[4]; 郭跃、卞晓庆、徐玉霞等分别运用生态足迹分析法对江苏省、合肥市、宝鸡市的生态安全进行评价与分析^[1,5,6]。陈世发也基于生态足迹, 对福州的经济技术开发区进行生态安全分析^[7]。本文拟用生态足迹分析法, 结合福州仓山区 2010 年数据, 对仓山区生态安全状况进行评价。

2 生态足迹和生态安全指数计算模型

2.1 生态足迹计算模型

生态足迹分析生态安全要从需求和承载力两方

面考虑, 即计算生态足迹和生态承载力。生态足迹是指用来提供人类使用的可再生资源的生物生产性土地和水域面积, 包括建设用地和吸收人类活动产生的二氧化碳用地^[8,9]。各类土地类型的生态生产力不同, 引入均衡因子, 将某类土地利用面积转化成相应的具有全球平均生物生产力的面积当量。均衡因子为某类土地利用类型的最大生产潜力与全球所有生物生产性土地平均生产力之比^[8,9]。

生态承载力是指具有生物生产力的能提供可再生资源 and 吸收二氧化碳的陆地和水域面积的总和^[8,9]。不同国家或地区相同土地类型单位面积的土地生产能力存在差异, 转化成生物生产面积需要乘一个产量因子。产量因子是一个国家或地区的某类型土地的平均生产力与世界平均生产力的比率^[8,9]。世界环境与发展委员会《我们共同的未来》建议, 计算生态承载力, 应扣除 12% 的生物多样性保护面积^[10]。

生态足迹和生态承载力的单位为全球公顷 (ghm^2)。1 全球公顷代表全球平均生产水平下 1hm^2 土地的生产能力^[9]。若区域生态承载力大于生态足迹, 称为生态盈余。反之, 称为生态赤字。

生态足迹计算公式为:

$$EF = N \cdot ef = N \cdot EQF_j \cdot \sum_i \frac{c_i}{p_i}$$

生态承载力的计算公式为:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum_j a_j \cdot EQF_j \cdot YF_j$$

式中: EF 为区域总生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; i 为消费商品和投入的类型; j

收稿日期: 2012-07-31

作者简介: 薛若晗 (1978-), 女, 福州人, 南京大学硕士, 讲师, 主要从事生态环境方向研究。

为生物生产性土地类型； c_i 为第 i 种商品的人均消费量； p_i 为第 i 种消费商品的平均生产力； EQF_j 为第 j 种生物生产性土地的均衡因子。 EC 为区域总生态承载力； ec 为人均生态承载力； a_j 为人均实际占有第 j 种生物生产性土地面积； YF_j 为第 j 种生物生产性土地产量因子^[8,9]。

2.2 生态安全指数计算

目前学术界对生态安全的评价有很多种方法，在国内较普遍使用的是通过生态压力指数、生态占用指数和生态经济协调性指数来进行评价^[11]。生态压力指数表示区域生态环境所承受的压力程度。由于某一国家或地区所消费的化石能源足迹所带来的生态压力并非仅仅由消费国或地区所承担，更多是由全球来负担，所以生态压力指数定义为一个国家或地区可更新资源的人均生态足迹与可利用的人均生态承载力的比率。生态占用指数定义为某一国家或地区人均生态足迹与全球人均生态足迹的比率，反映了一个国家和地区占全球生态足迹的份额。生态经济协调指数定义为生态占用指数与生态压力指数的比率，代表区域社会经济发展与生态环境的协调性^[11]。

3 研究区域概况

仓山区位于福建省福州市城区南部，闽江下游南岸，东经 $119^{\circ}32'$ ，北纬 $26^{\circ}05'$ 。辖闽江入海口处整个南台岛，分别与鼓楼、台江、晋安、马尾和闽侯、长乐隔江相望。面积 142km^2 ，下辖 5 镇 8 街、81 个社区和 102 个行政村，2010 年人口 45.97 万人^[12]。仓山区是历史悠久的文教区，区内名胜古迹众多，旅游资源丰富，闽江、乌龙江四周环绕，水路运输十分便利。

4 计算结果

4.1 人均生态足迹计算

生态足迹计算包括生物资源消费和能源消费。仓山区 2010 年居民各类生物资源消费主要是粮食、油料、鲜菜、水果、木材、动物产品、水产品等 12 个项目，将人均消费量转化为提供这些消费所需的生物生产性土地面积，见表 1。仓山区 2010 年能源消费主要有原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气和电力共 8 个项目，将所消耗热量折算成生物生产性土地面积，见表 2。由于基础数据是生物资源消费量，而非生物量数据，所以不用进出口贸易量调整。

4.2 人均生态承载力计算

表 1 仓山区 2010 年生物资源生态足迹

项目	全球平均产量 ^① / $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	人均消费量 ^② / kg	人均生物资源足迹/ hm^2	土地类型
粮食	3564	90.39	0.025362	耕地
油料	1849	10.85	0.005868	耕地
鲜菜	18331	108.66	0.005928	耕地
猪肉	643.66	19.23	0.029876	耕地
牛羊肉	33	4.33	0.131212	草地
家禽	783.15	12.37	0.015795	耕地
鲜蛋	939.76	12.27	0.013057	耕地
水产品	29	24.65	0.850000	水域
茶叶	1446	0.17	0.000118	耕地
鲜乳品	502	29.5	0.058765	草地
鲜果	10960	48.25	0.004402	林地
木材 ^③	1.99	0.20	0.100503	林地

①参考联合国粮农组织 (FAO) 有关生物资源的世界平均产量资料^[13]；②来源：《仓山统计年鉴 2011》^[12]；③木材产量和消费量单位为 m^3 。

表 2 仓山区 2010 年能源生态足迹

项目	全球平均能源足迹 / $\text{GJ} \cdot \text{hm}^{-2}$	折算系数 ^④ / $\text{GJ} \cdot \text{t}^{-1}$	总消费量 ^⑤ /t	总能源足迹 / hm^2	人均能源足迹 / hm^2	土地类型
原煤	55	20.908	21865.25	8311.9754	0.018081	化石能源用地
焦炭	55	28.435	3617.16	1870.07172	0.004068	化石能源用地
汽油	93	43.07	4815.63	2230.206281	0.004851	化石能源用地
煤油	93	43.07	26.47	12.258741	0.000027	化石能源用地
柴油	93	42.652	8627.22	3956.647177	0.008607	化石能源用地
燃料油	71	41.816	5041.9	2969.466062	0.006460	化石能源用地
液化石油气	71	50.179	532.29	376.194083	0.000818	化石能源用地
电力 ^⑥	1000	36	82139.629	2957.026644	0.006433	建设用地

④来源：《综合能耗计算通则》GB2589-2008^[14]；⑤来源：《仓山统计年鉴 2011》^[12]；⑥电力折算系数单位为 $\text{GJ}/\text{万 kW} \cdot \text{h}$ ，总消费量单位为 $\text{万 kW} \cdot \text{h}$ 。

参考福州统计年鉴中的各种生物生产性土地的人均占有量,通过均衡因子和产量因子调整,再扣除12%生物多样性保护面积,得到仓山区可利用人均生态承载力,见表4。

4.3 生态盈亏和生态压力指数计算

将仓山区2010年生态足迹和生态承载力加以比较,并计算生态安全指数,见表5。

5 数据分析

5.1 人均生态足迹数据分析

据世界自然基金(WWF)的《地球生命力报告2012》和《中国生态足迹2010》,世界人均生态足迹2.7ghm²,亚洲人均消费生态足迹1.78ghm²,中国人均生态足迹2.2ghm²以及福建人均生态足迹2.2ghm²[8,9]。对比上述数字,仓山区2010年人均生态足迹0.845255ghm²还是较低的。其中,生物生产性土地面积的生态足迹所占比例由大到小为:水域足迹37.21%、耕地28.51%、林地足迹15.64%、草地足迹10.34%、化石能源足迹6.40%、建设用地足迹1.90%。由计算结果可知,仓山区生物资源消费以水产最高,加上鲜乳品、肉类、粮食、家禽、禽蛋等构成了生物资源消费的主要部分,油料、蔬菜等的足迹比重相对较小,这反应了人们生活水平的提高,也和市民长期消费习惯有关。虽然能源消费在仓山区总消费中所占比重不大,但仍是原煤、焦炭所占足迹比重最高,而液化石油气、煤油所占的足迹比重最小。可知当前能源结构中,煤炭仍然占大部分。天然气基本没有消费,这是因为,福州虽然正在进行能源结构的改变,家庭用煤气改LNG天然气的工程前几年就已经在全市启动,但位于闽江以南的仓山区还未推广天然气。若能更快改进能源结构,推广清洁能源,则可降低自然生态系统所受压力。由于本研究对消费项目的列举不够完全,因此计算生态足迹会有一定误差。

5.2 人均生态盈亏数据和生态安全分析

仓山区2010年的人均生态承载力为0.293740ghm²。人均生态足迹为人均生态承载力的2.88倍。人均生态赤字为0.551515ghm²。其中,

最大的生态赤字来自水域足迹,其次是耕地足迹,说明仓山区的生物资源消费以水产品和农产品为主,主要从区外输入。再次是来自草地和化石能源足迹,而建设用地略有盈余。随着社会经济的发展,能源的消耗速度会加快,尤其是仓山区近年来经济发展的速度一直位于福州的中上水平,居民汽车拥有量也逐年上升,化石能源用地人均生态赤字将进一步扩大。虽然当前生态赤字不大,但仍旧反映仓山区人口规模和消费模式给生态带来的压力。如果当前生态赤字扩大的趋势得不到遏制,就会影响长期发展。

表3 仓山区2010年人均生态足迹

土地类型	世界平均单产下的人均面积/hm ²	均衡因子 ^⑦	人均生态足迹/ghm ²
耕地	0.096004	2.51	0.240970
林地	0.104905	1.26	0.132180
草地	0.189977	0.46	0.087389
水域	0.850000	0.37	0.314500
建设用地	0.006433	2.51	0.016147
化石能源用地	0.042912	1.26	0.054069
人均生态足迹合计			0.845255

⑦均衡因子取自全球足迹网络,国家生态足迹账户计算基本方法和框架(2011)[15]。

表4 仓山区2010年人均生态承载力

土地类型	人均面积 ^⑧ /hm ²	均衡因子	产量因子 ^⑨	人均生态承载力/ghm ²
耕地	0.023133	2.51	1.7	0.098709
林地	0.0988	1.26	1.2	0.149386
草地	0	0.46	0.8	0
水域	0.018355	0.37	2.8	0.019016
建设用地	0.015628	2.51	1.7	0.066685
化石能源用地	0	1.26	0	0
人均总供给面积				0.333796
人均总生态承载力				0.293740

⑧来源:《仓山统计年鉴2011》[12]和《福州统计年鉴2011》[16];⑨产量因子取自全球足迹网络,国家生态足迹账户计算基本方法和框架(2011版)[15]。

表5 仓山区2010年人均生态盈亏和生态安全指数

年份	人均生态足迹/ghm ²	人均生态承载力/ghm ²	生态盈亏/ghm ²	生态压力指数	生态占用指数	生态经济协调指数
2010	0.845255	0.293740	-0.551515	2.693	0.313	0.116

根据赵先贵等通过对全球 147 个国家 3 项生态安全指数的计算结果进行聚类分析, 结合不同国家和地区生态环境状况和社会经济发展水平, 制定出的生态压力指数、生态占用指数和生态经济协调指数的等级划分标准^[11], 对比仓山区 2010 年的 3 项指数: 生态压力指数为 2.693, 说明生态安全等级较低, 生态环境的承压程度比较大; 生态占用指数为 0.313, 可见人均生态足迹占全球人均生态足迹的比例还是比较小的, 说明社会经济发展的程度和人均消费水平低于全球平均水平, 且差距不小; 生态经济协调指数为 0.116, 说明社会经济发展与生态环境的协调性不太好, 应该考虑生态环境保护与经济发展之间的关系。

6 结论

生态安全已成为中国未来发展的战略选择, 生态盈亏、生态压力指数、生态占用指数和生态经济协调性指数都基于生态足迹与生物承载力的对比关系, 是衡量生态安全的指标。从本文计算和分析的结果来看, 虽然仓山区的生态足迹数值不算高, 但是仍然超过生态承载力, 呈现生态赤字。可见, 当前的人口规模和生活消费模式所带来的生态消费已超过土地生态系统的承受能力。生态压力指数较大而生态协调指数较低, 进一步说明仓山区当前的生态压力大, 可持续发展状况严峻, 生态处于不安全状况。仓山区的人民生活和经济都位于福州市的中上水平, 随着海西建设的深入, 福州经济将会更加迅速地发展, 人们生活水平不断提高, 仓山区生态赤字极有可能快速加剧, 生态压力指数会进一步加大, 生态安全前景不容乐观。结合此形势, 本文提出以下建议: 第一, 严格控制人口数量并强化民众的生态环境意识, 改变生活消费方式, 倡导绿色生活消费, 建立节约、高效的消费体系。第二, 大力倡导循环经济和清洁生产, 调整能源结构, 高效利用现有的资源, 降低资源与能源消耗, 使得经济增长方式向生态化转型。第三, 加大对环境的监管力度, 控制“三废”, 实施减量化排放, 推进生态型居住环境建设。避免不必要的生态足迹, 缩小生态赤字, 改变生态不安全的现状, 逐步建立起资

源节约型、环境友好型的社会体系。

参考文献:

- [1] 郭跃, 程晓昀, 朱芳, 等. 基于生态足迹的江苏省生态安全动态研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19 (11): 1327-1332.
- [2] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. Ecological Economics, 1997, 20 (1): 3-24.
- [3] 孙凡, 孟令彬. 重庆市生态足迹与生态承载力研究 [J]. 应用生态学报, 2005, (7): 1370-1374.
- [4] 杨开忠, 杨咏, 陈洁. 生态足迹分析理论与方法 [J]. 地球科学进展, 2010, 15 (6): 630-636.
- [5] 卞晓庆, 徐丽, 张庆国. 基于生态足迹的合肥市生态安全分析与评价 [J]. 安徽农学通报, 2010, 16 (14): 185-187.
- [6] 徐玉霞. 基于生态足迹的城市生态安全评价——以宝鸡市为例 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (21): 286-290.
- [7] 陈世发. 基于生态足迹模型的经济技术开发区的生态安全分析——以福州市为例 [J]. 亚热带水土保持, 2010, 22 (2): 5-9.
- [8] World Wide Fund for Nature. LIVING PLANET REPORT 2012 [EB/OL]. <http://www.wwfchina.org/wwfpress/publication/shift/2012LPREN.pdf>, 2012-05-18.
- [9] 李琳谢, 高地, 曹淑艳, 等. 世界自然基金会 (WWF) 中国生态足迹报告 2010 [EB/OL]. http://www.wwfchina.org/wwfpress/publication/shift/2010LPR_cn.pdf, 2010-11-15.
- [10] 王之佳, 柯金良译. 我们共同的未来 [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1997: 100-200.
- [11] 赵先贵, 韦良焕, 马彩虹. 西安市生态足迹与生态安全的动态研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21 (1): 1-5.
- [12] 仓山区统计局. 仓山统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012: 163-252.
- [13] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistical Databases. [EB/OL]. <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- [14] GB2589-2008, 综合能耗计算通则 [S].
- [15] Global Footprint Network. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. 2011 Edition. Oakland. [EB/OL]. http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Methods_Paper_Draft_2011.pdf, 2012-2-20.
- [16] 福州市统计局. 福州统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012: 24-345.

(下转第 90 页)

基于信息熵的重庆开县乡镇集中式饮用水 水源地水质模糊综合评价

付青¹, 郑丙辉¹, 陈浩¹, 李章安², 王勇²

(1. 国家环境保护饮用水水源地保护重点实验室, 中国环境科学研究院, 北京 100012;

2. 开县环境监测站, 重庆开县 405400)

摘要: 结合重庆开县饮用水源地水质监测数据情况, 对全县饮用水源地的水质进行模糊综合评价, 采用熵权法赋权对水质进行了分级评价。2010~2011年, 水质情况总体良好, 绝大部分水质处于I类和II类。2011年下半年水质较其他时间有所退化, 出现了两个III类水。这个变化趋势应该引起当地政府的高度重视。

关键词: 饮用水源地; 水质; 信息熵; 模糊综合评价; 重庆开县

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0086-05

保障城乡居民的饮水安全, 是保障人的基本生存权的体现, 是维护人的健康生命的必要条件, 也是“以人为本”的最直接体现。近年来, 中央和地方不断加大解决农村人口饮用水困难问题的力度。在饮用水水质评价中, 模糊综合评价法同传统的单因素评价法和综合污染指数法相比, 有独特的优点。单因素评价法选择水质监测指标中最差的项来评价水质, 使用单因子否决权, 没有考虑到水环境是一个高度综合、复杂的系统, 水质是由众多随机性的因素共同决定的, 而综合污染指数法只能定性地评价水质类别^[1]。模糊综合评价法使用隶属函数将水质评价中的不确定性加以量化, 确保了水质评价的客观性和定量性, 已经成为当前水质评价方法中的一种重要工具^[2]。

水质的模糊综合评价法一般是根据各种评价指标的监测值相对于水质标准值的超标度来计算各评价因子权重, 只考虑了单个指标对总污染的贡献, 没有考虑多个指标之间的相互关系。为了克服这个缺点, 可将熵的概念引用到水质的模糊综合评价中。熵本是个热力学概念, 指的是体系的混乱程度, 后来被香农 (Claude Elwood Shannon) 引用到信息学中。熵权法赋权能够计算各个指标之间的相互关系。使用熵权法赋权的模糊综合评价已经应用于各种自然和社会科学以及工程领域^[3~5], 在水质评价中也有所报道^[6~9]。国

内有学者使用此方法对三峡区域某个单一监测断面的水质进行了评价, 但是选用的水质评价指标只有溶解氧、氨氮和高锰酸钾指数^[10]。熵权法赋权的模糊综合评价在三峡库区乡镇集中式饮用水水质评价中还没有应用报道。

本文是在对重庆开县乡、镇、街道建制饮用水源地 (河流、水库、水泉) 的水质现状进行多次监测和调查的基础上, 使用熵权法模糊综合评价方法和多个评价指标 (>3) 对多个监测点水质进行评估, 分析其时间变化趋势, 为政府改善饮用水提供技术支持和决策参考。

1 监测概况及监测点位

2007~2011年, 开县环境监测站对除县城以外的37个乡、镇、街道共41个集中式饮用水源地水质进行了7次监测。由于2007~2009年的部分监测点的不一致, 或者部分监测点的某些监测值低于检测限, 或者某一年中的监测月份跨度过大不利于不同点位、不同年份之间的比较, 本文经过筛选, 最后采用36个点位在2010、2011两年中的4次监测数据, 分别对应每年的上半年和下半年。筛选采用的点位基本情况见表1。

年华村2社小溪沟是36个监测点中唯一的地下水类型。

2 评价标准及评价方法

2.1 建立评价对象的因子集合隶属度矩阵

在水环境质量评价中, 因子集就是参与评价的 m 个水质参数在 n 个水质级别中的阈值。

收稿日期: 2012-08-01

通讯作者: 陈浩。

表 1 开县各乡、镇、街道集中式饮用水源地取水点类型情况表

序号	乡镇	取水点名称	取水点类型	序号	乡镇	取水点名称	取水点类型
1	岳溪镇	双龙水库	水库水	19	温泉镇	东河后河街 7 号	河流水
2	五通乡	老林沟	河流水	20	河堰镇	毛坝水库	水库水
3	南门镇	清江河	河流水	21	郭家镇	皂角坪水库	水库水
4	长沙镇	大兴水库	水库水	22	临江镇	七星村 7 社小溪沟	河流水
5	关面乡	殷家沟沙树坪小溪沟	河流水	23	大德镇	杨河槽小溪沟	河流水
6	大进镇	琼和村 1 社小溪沟	河流水	24	巫山镇	鲤鱼沟	河流水
7	大进镇	年华村 2 社小溪沟	地下水	25	巫山镇	大丘沟	河流水
8	白桥镇	革命水库	水库水	26	镇安镇	彭家沟	河流水
9	渠口镇	鸭子口水库	水库水	27	竹溪镇	石碗溪	河流水
10	厚坝镇	三茂水库	水库水	28	中和镇	映阳河	河流水
11	金峰镇	新华 7 社李子沟	河流水	29	三汇口乡	锁扣湾	河流水
12	金峰镇	新华 9 社林光堰塘河沟	河流水	30	天和镇	大山生活沟	河流水
13	敦好镇	公里水库	水库水	31	义和镇	烂柴摊小溪沟	河流水
14	敦好镇	正坝 8 社花石岩	河流水	32	南雅镇	石安水库	水库水
15	高桥镇	齐力 5 社燕子沟	河流水	33	铁桥镇	万塘水库	水库水
16	麻柳乡	麻柳河黄石板	河流水	34	赵家街道	渔北水库	水库水
17	紫水乡	七一村 12 社殷家沟	河流水	35	白鹤街道	东河	河流水
18	和谦镇	江东 2 社小溪沟	河流水	36	镇东街道	鲤鱼塘水库	水库水

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1(n-1)} & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2(n-1)} & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{m1} & u_{m2} & \cdots & u_{m(n-1)} & u_{mn} \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1(n-1)} & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2(n-1)} & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{m(n-1)} & r_{mn} \end{bmatrix}$$

向量 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ 代表参与评价的 m 个水质参数的监测值。根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)，地表水(包括湖库)水质分为 5 类，所以本文中， $n = 5$ 。对于 m 个水质参数， n 级水质标准，可以建立模糊关系矩阵 R ，

其中矩阵元素 r_{ij} ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$) 称为第 i 个水质参数对应第 j 个水质级别的隶属度。对于越小越优的评价因子(如 COD, 氨氮)，每个隶属度的确定如下^[6]：

$$r_{i1} = \begin{cases} 1 & V_i \leq U_{i1} \\ (U_{i2} - V_i)/(U_{i2} - U_{i1}) & U_{i1} < V_i < U_{i2} \\ 0 & V_i \geq U_{i2} \end{cases}$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & V_i \leq U_{i(j-1)}, V_i \geq U_{i(j+1)} \\ (V_i - U_{i(j-1)})/(U_{ij} - U_{i(j-1)}) & U_{i(j-1)} < V_i < U_{ij} \\ (U_{i(j+1)} - V_i)/(U_{i(j+1)} - U_{ij}) & U_{ij} \leq V_i \leq U_{i(j+1)} \end{cases}$$

$$r_{in} = \begin{cases} 0 & V_i \leq U_{i(n-1)} \\ (V_i - U_{i(n-1)})/(U_{in} - U_{i(n-1)}) & U_{i(n-1)} < V_i < U_{in} \\ 1 & U_{in} \leq V_i \end{cases}$$

对于越大越优(即倒数越小越优)的评价因子(如溶解氧)，隶属度的计算正好相反，如下：

$$r_{i1} = \begin{cases} 1 & 1/V_i \leq 1/U_{i1} \\ (1/U_{i2} - 1/V_i)/(1/U_{i2} - 1/U_{i1}) & 1/U_{i1} < 1/V_i < 1/U_{i2} \\ 0 & 1/V_i \geq 1/U_{i2} \end{cases}$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & 1/V_i \leq 1/U_{i(j-1)}, 1/V_i \geq 1/U_{i(j+1)} \\ (1/V_i - 1/U_{i(j-1)})/(1/U_{ij} - 1/U_{i(j-1)}) & 1/U_{i(j-1)} < 1/V_i < 1/U_{ij} \\ (1/U_{i(j+1)} - 1/V_i)/(1/U_{i(j+1)} - 1/U_{ij}) & 1/U_{ij} \leq 1/V_i \leq 1/U_{i(j+1)} \end{cases}$$

$$r_{in} = \begin{cases} 0 & 1/V_i \leq 1/U_{i(n-1)} \\ (1/V_i - 1/U_{i(n-1)})/(1/U_{in} - 1/U_{i(n-1)}) & 1/U_{i(n-1)} < 1/V_i < 1/U_{in} \\ 1 & 1/U_{in} \leq 1/V_i \end{cases}$$

2.2 熵权的确定

假定有 m 个监测指标, q 个监测断面, 这样总共有 $m \times q$ 个监测数据, 可构成一个原始监测数据矩阵 D :

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1(q-1)} & d_{1q} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2(q-1)} & d_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{m(q-1)} & d_{mq} \end{bmatrix}$$

第 i 个监测指标的熵权 w_i 定义为:

$$w_i = (1 - S_i) / (m - \sum_{i=1}^m S_i), i = 1, \dots, m$$

其中第 i 个监测指标对应的熵 S_i 定义为:

$$S_i = - (\sum_{j=1}^q f_{ij} \ln f_{ij}) / \ln q$$

$$f_{ij} = (1 + b_{ij}) / \sum_{j=1}^q (1 + b_{ij})$$

对越小越优的评价因子, 有

$$b_{ij} = \frac{\max_j(d_{ij}) - d_{ij}}{\max_j(d_{ij}) - \min_j(d_{ij})}$$

对越大越优的评价因子, 有

$$b_{ij} = \frac{d_{ij} - \min_j(d_{ij})}{\max_j(d_{ij}) - \min_j(d_{ij})}$$

2.3 综合评价

模糊综合评价向量 X 定义为:

$$X = [w_1 w_2 \dots w_m] \cdot R = [x_1 x_2 \dots x_n]$$

根据最大隶属度原则, $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 中

最大值对应的级别 i 则为水质对应的级别。

3 监测指标及评价评价指标的选择

根据环境监测技术规范及重庆市集中式饮用水源地水质监测技术规定, 调查中, 河流监测项目为水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、氟化物、挥发酚、石油类、粪大肠菌群共 10 个; 湖泊水库监测项目为水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、氨氮、氟化物、挥发酚、石油类、粪大肠菌群、电导率、叶绿素 a、总氮、透明度共 14 个。

从这 14 个水质参数中, 选取合适的参数用于水质评价。除去在水质评价中无法直接评判的 pH、电导率、叶绿素 a 等指标, 再除去监测指标低于地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002) I 类水标准阈值的参数如挥发酚等, 最后选择溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总磷和粪大肠菌群共 5 个水质参数参与评价, 与地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002) 中的标准值对照 (标准值见表 2), 构建矩阵 U 、 R 和 D , 最终确定断面的水质类别。

4 水质评价结果

结合熵权法的水质模糊综合评价的结果见表 3。

5 讨论

绝大多数监测点属于 I 类水, 少部分点位处于 II 和 III 类。总的来说, 这 4 次监测的水质没有呈现明显的单一变化趋势。2010 年下半年和 2011 年上半年的水质均比 2010 年的上半年好, 但是 2011 年

表 2 地表水环境质量标准基本项目标准限值

(mg/L)

序号	标准值分类项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
1	溶解氧 \geq	7.5	6	5	3	2
2	高锰酸盐指数 \leq	2	4	6	10	15
3	氨氮 \leq	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
4	总磷 \leq	0.02	0.1	0.2	0.3	0.4
5	粪大肠菌群/个 $\cdot L^{-1} \leq$	200	2000	10000	20000	40000

表3 重庆开县36个地表水监测点的水质级别

监测点所在乡镇	2010年 3~4月	2010年 6~10月	2011年 3~5月	2011年 7~10月
岳溪镇	1	1	1	1
五通乡	1	1	1	2
南门镇	1	1	1	1
长沙镇	1	1	1	2
关面乡	1	1	1	1
大进镇	1	1	1	2
大进镇	1	1	1	2
白桥镇	1	1	1	1
渠口镇	2	2	1	3
厚坝镇	2	1	1	3
金峰镇	1	1	1	2
金峰镇	1	1	1	2
敦好镇	2	1	1	1
敦好镇	1	1	1	1
高桥镇	1	1	1	1
麻柳乡	1	1	1	1
紫水乡	1	1	1	1
和谦镇	1	1	1	1
温泉镇	1	1	1	1
河堰镇	1	1	1	2
郭家镇	1	1	1	1
临江镇	1	1	1	2
大德镇	1	1	1	2
巫山镇(鲤鱼沟)	1	1	1	1
巫山镇(大丘沟)	1	1	1	1
镇安镇	1	1	1	2
竹溪镇	1	1	1	2
中和镇	1	1	1	2
三汇口乡	1	1	1	2
天和镇	2	1	1	1
义和镇	1	1	1	2
南雅镇	1	1	1	2
铁桥镇	2	1	1	2
赵家街道	1	1	2	1
白鹤街道	1	1	1	1
镇东街道	2	1	1	1

下半年水质出现较明显的退化。2011年下半年的水质同前期相比,有较多的II类,并且有两个处于III类(渠口镇和厚坝镇)。根据地表水水域环境功能和保护目标,适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区的水必须处于II类水或更优,而集中式生活饮用水地表水源地二级保护区的水必须处于III类水或者更优。鲤鱼塘水库是开县主要的饮用水水

源地。从目前的结果来看,此水库水除了2010年上半年为II类水,其余3次监测均为I类水。虽然在2011年下半年开县有较多的点位发生水质的轻微退化,甚至退到III类,但是开县主要的饮用水水源地鲤鱼塘水库的水质保护还是比较有成效的。但2011年下半年水质出现的较明显的退化可能是一个警钟,应该引起高度的重视。

6 结论

本文采用模糊综合评价同信息熵相结合的方法,对三峡库区上游的重庆开县地区36个地表水水质进行了评估。总体来说,2010~2011年,水质情况良好,没有出现IV类水。绝大部分水质处于I类和II类,但是2011年下半年出现了两个III类水,应该引起当地环保部门的高度重视。

原则上,应该选择尽可能多的水质评价指标。比如,总氮的数据也应该在模糊综合评价中有所考虑。但是,GB3838-2002《地表水环境质量标准》中没有河流类地表水的总氮标准值,却给出了湖、库的标准值。我们在实际监测中也没有对总氮进行监测。随着国家水质基准体系的构建完善以及水质评价指标的丰富,采用模糊综合评价同熵权赋值相结合的方法进行水质评价将会取得更加可靠的结论。

参考文献:

- [1] 蒋火华,梁德华.综合污染指数评价与水质类别判定的关系[J].中国环境监测,1999,15(6):46-48.
- [2] Icağa, Y. Fuzzy evaluation of water quality classification [J]. Ecological Indicators, 2007, 7 (3): 710-718.
- [3] 王羽,刘会,杨转运,等.基于模糊综合评判的路基易滑岩层优势结构面研究[J].岩土力学,2011,32(4):1169-1174.
- [4] 杨琳,陈仲常.熵权模糊综合评判法在人口综合发展评价模型中的应用[J].统计与信息论坛[J],2008,23(12):26-30.
- [5] 阮小龙,凌长明,郑章靖,等.质子交换膜燃料电池性能的模糊熵权综合评判[J].可再生能源,2010,28(5):88-90.
- [6] 倪彬,李旭东,王红磊.岷江下游水环境质量评价与变化趋势分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(Z2):172-176.
- [7] 林运东,门宝辉,贾文善.熵权系数法在水体营养化类型评价中的应用[J].西北水资源与水工程,2003,13(3):27-28.
- [8] 张先起,梁川.基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用[J].水利学报,2005,36(9):1-6.
- [9] Masoumi, F. and Kerachian, R. Assessment of the groundwater salinity monitoring network of the Tehran region; application of the discrete entropy theory [J]. Water science and technology, 2008, 58(4): 765.
- [10] Liu L., Zhou J., An X., et al. Using fuzzy theory and information entropy for water quality assessment in Three Gorges region [J]. China. Expert Systems with Applications, 2010, 37(3): 2517-2521.

Information Entropy – Based Fuzzy Comprehensive Evaluation of Water Quality of Rural Centralized Drinking Water Sources in Kaixian County of Chongqing

FU Qing¹, Zheng Bing-hui¹, CHEN Hao¹, LI Zhang-an², WANG Yong²

(1. State Key Laboratory of Environmental Protection and Source Water Protection, Beijing 100012 China)

Abstract: Based on the water quality monitoring results at the drinking water sources in Kaixian County, a fuzzy comprehensive evaluation with an entropy-based weight is employed to assess the water quality and classify the water quality grades in Kaixian County. On the whole, the water quality of the drinking water sources in 2010 and 2011 was good. The water grades were either grade I or II for most of the water sources. Compared to the water quality in other months, the water quality during the second half year of 2011 was degrading, with two water sources being grade III. The local authorities need to pay much more attention to this change.

Key words: drinking water sources; water quality; information entropy; fuzzy comprehensive evaluation; Kaixian County of Chongqing

~~~~~  
(上接第32页)

## A Study on Key Ecological Technology in Controlling Agricultural Non-Point Source Pollution along Coastal Areas of Lake Dianchi

YANG Yu-hua<sup>1</sup>, HE Lan-di<sup>1</sup>, ZHI Guo-qiang<sup>1</sup>, LIU Tao<sup>1</sup>, BI Jin<sup>2</sup>

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

**Abstract:** Based on the current research results, taking into consideration of the characteristics of the agricultural non-point pollution around Lake Dianchi and the local cultivation practice, the three pilot studies are carried out, guided by the thinking of “source-stream-convergence” system control. That is, the application of the granulated fertilizer, the protective planting technology by biological coverage, and the ditch – base – pond system. It shows that the ecological control of the agricultural run-off pollution could make the removal rate of TN, TN, COD and SS reach 54.14 ~ 59.78%, 66.86 ~ 69.45%, 42.20 ~ 62.74% and 48.83 ~ 76.41% respectively. The integrated ecological technology, when applied, could help control the agricultural pollution and promote the green agriculture around the lake.

**Key words:** agricultural non-point source; ecological control; granulated fertilizer; protective culture; ditch-base-pond system; Dianchi lakeshore

~~~~~  
(上接第85页)

Assessment of Ecological Safety Based on Ecological Footprint in the Cangshan District of Fuzhou

Xue Ruo-han

(Department of Geographic Science, Minjiang University, Fuzhou, Fujian 350108, China)

Abstract: A preliminary research and appraisal are carried out on the ecology safety of Cangshan District of Fuzhou in 2010, by using the method of the ecological footprint and the ecological pressure index. The results show that the ecological footprint per capita is 0.846319gha, and the ecological pressure index is 2.697. It can be seen that the demands of human consumption exceed the capacity of natural ecosystem in Cangshan District. The situation of sustainable development in the area is not optimistic, in addition to its insecure ecological environment. Finally, some countermeasures are put forward.

Key words: ecological footprint; ecological capacity; ecological safety; Cangshan District of Fuzhou

金沙江上游底泥重金属污染及潜在生态风险评价

赵祖军

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

摘要: 对金沙江上游河段4个监测断面底泥中Cr、Pb、Zn、As、Hg、Cu和Cd 7种重金属含量进行分析研究, 并进行潜在生态风险评价。结果表明, 除Cd和As外, 其他重金属的含量均符合GB15618-1995一级标准。Cd的富集程度最高, 各采样点底泥中Cd含量均超过三级标准。臧曲河和相古底泥中的As含量高于三级标准。各监测断面的潜在生态风险都很高, Cd的潜在危害指数远大于其他金属, Cd是导致金沙江上游底泥中重金属潜在生态风险增加的主要原因。不同底泥的潜在生态风险依次为: 臧曲河 > 相古 > 奔子栏 > 河坡。

关键词: 底泥; 重金属; 地质积累指数; 潜在生态风险评价; 金沙江上游

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0091-04

金沙江是长江的上游河段, 其主源沱沱河发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹东雪山的西南侧。沱沱河由南向北出唐古拉山后折向东流, 从右岸汇入当曲后称通天河。通天河流至青海玉树附近汇入巴塘河后称金沙江, 其中玉树(巴塘河口)至石鼓为金沙江上游河段。本次调查区域为金沙江青海玉树的巴塘河河口至云南迪庆的奔子栏河段, 河段长约772km, 天然落差1516m, 河道平均坡降1.96‰。金沙江干流是我国水能资源最富集的河流, 是我国能源规划战略布局的一大水电基地。调查和了解该区域重金属的总体水平及其潜在生态风险对该地水电资源的开发和布局具有重要意义。

进入水环境中的重金属大部分会迅速转移到悬浮物和沉积物中, 并在沉积物中大量富集, 沉积物中重金属的含量可以反映河流重金属的污染状况^[1,2]。因而在本文的研究中, 以金沙江上游的底泥为研究对象, 采用地质累积指数法^[3-6]和潜在生态危害指数法^[7-9], 对金沙江上游河段表层底泥重金属污染特征进行研究和评价, 旨在为该地的水资源的污染防治和开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

在枯水期选择金沙江上游河段极具代表性的监测断面4处: 臧曲河断面、奔子栏断面、相古断面和河坡断面, 用不锈钢泥斗, 采集表层0~30cm沉积物泥样。将采集样品分别装入聚乙烯塑料袋

中, 封口后带回实验室分析。

1.2 样品处理及测定

沉积物样品自然风干, 去掉杂物及石块后, 将各监测断面的样品混合, 得各监测断面的混合样品。用玛瑙研钵将样品研磨过100目筛后, 采用四分法取样得待测样品, 将样品装入聚乙烯样品袋中储存备用。样品送至云南省环境检测中心进行分析检测, 测试样品中Cr、Pb、Zn、As、Hg、Cu和Cd的含量。

2 结果与分析

2.1 重金属的含量特征

金沙江上游段底泥重金属的平均含量见表1。从表1中可以看出, 4个监测断面底泥中Cd含量均高于土壤环境质量标准(GB15618-1995)^[10]三级标准($Cd \leq 1.0 \text{mg/kg}$); Cr、Zn、Hg和Cu的含量符合国家一级标准($Cr \leq 90 \text{mg/kg}$, $Zn \leq 100 \text{mg/kg}$, $Hg \leq 0.15 \text{mg/kg}$, $Cu \leq 35 \text{mg/kg}$); Pb符合国家二级标准($Pb \leq 250 \text{mg/kg}$); 对于元素As而言, 奔子栏符合国家二级标准($As \leq 30 \text{mg/kg}$), 河坡符合国家三级标准($As \leq 40 \text{mg/kg}$), 而臧曲河和相古高于国家三级标准($As \leq 40 \text{mg/kg}$)。根据土壤环境质量标准^[10], 金沙江上游水体底泥应满足一类土壤环境质量标准。参照此标准可知, 除Cr、Zn、Hg和Cu外, 其他重金属均有一定程度的富集, 主要为Cd, 臧曲河、奔子栏、相古和河坡底泥中的Cd平均含量依次为一类标准($Cd \leq 0.2 \text{mg/kg}$)的15.15、11.85、12.3和10倍。其次为As, 各采样点的As平均含量依次为一类标准($As \leq$

15mg/kg) 的 2.668 (臧曲河)、1.637 (奔子栏)、4.261 (相古) 和 1.935 倍 (河坡)。此外, Pb 在底泥中也有一定程度的积累, 各采样点底泥中的含量依次为 61.84 (臧曲河)、62.57 (奔子栏)、

49.37 (相古) 和 40.54mg/kg (河坡), 略高于一类标准 (Pb≤35mg/kg) 但远低于二类土壤质量标准 (Pb≤300mg/kg)。

2.2 重金属污染评价

表1 各采样点底泥重金属平均含量 (mg/kg)

采样点	Cr	Pb	Zn	As	Hg	Cu	Cd
藏曲河	56.19	61.84	78.56	40.20	0.039	31.45	3.03
奔子栏	48.22	62.57	72.41	24.56	0.019	28.99	2.37
相古	51.75	49.37	65.00	63.91	0.024	29.76	2.46
河坡	38.62	40.54	48.80	29.02	0.024	23.75	2.00

2.2.1 基于地质累积指数 (I_{geo}) 的污染评价

地质累积指数 (I_{geo}) 一般用来反映底泥中重金属的富集程度, 根据已有的研究资料, 将 I_{geo} 划分为 7 级 (表 2)^[3]。其计算公式为:

$$I_{geo} = \ln(C_n/AB_n) \quad (1)$$

式中, C_n 为重金属元素在底泥中的总含量; B_n 为重金属元素的环境背景值, 根据调查区域的实际情况, 选择土壤环境质量标准一类标准作为 B_n 值, A 为常数, 通常取值为 1.5^[4-6, 11]。

根据公式 (1) 计算得各采样点底泥中重金属的地质累积指数, 见表 3。从表 3 中可以看出, 上述采样点底泥中的 Cr、Zn、Hg、Cu 以及相古和

河坡底泥中的 Pb 没有富集 ($I_{geo} \leq 0$), 不会对环境造成任何危害。臧曲河和奔子栏底泥中 Pb 和 As, 以及河坡底泥中的 As 有了一定程度的富集 ($0 < I_{geo} < 1$), 按照污染等级分类为 II 级 (表 2)。相古底泥中 As 富集程度较高 ($1 \leq I_{geo} < 2$), 属于中度富集, 会对环境造成一定程度的影响。4 个采样点底泥中 Cd 的富集程度均较高, 臧曲河、奔子栏和相古底泥中的 Cd 为 IV 级富集, 河坡为 V 级, 因而对于底泥中的 Cd 元素应予以重点关注。

2.2.2 基于潜在生态风险指数 (RI) 的风险评价

潜在生态风险指数^[7]可以按式 (2) ~ 式 (4) 计算:

表2 地累积指数与污染分级

级别	I	II	III	IV	V	VI	VII
I_{geo}	$I_{geo} \leq 0$	$0 < I_{geo} < 1$	$1 \leq I_{geo} < 2$	$2 \leq I_{geo} < 3$	$3 \leq I_{geo} < 4$	$4 \leq I_{geo} < 5$	$5 \leq I_{geo}$
富集程度	无 (UC)	无一中 (UMC)	中 (MC)	中一强 (MHC)	强 (HC)	强一极强 (HEC)	极强 (EC)

表3 各采样点底泥重金属地质累积指数 (I_{geo}) 和生态风险指数 (RI)

采样点	项目	Cr	Pb	Zn	As	Hg	Cu	Cd
藏曲河	I_{geo}	-0.88/UC	0.16/UMC	-0.65/UC	0.58/UMC	-1.75/UC	-0.51/UC	2.31/MHC
	E_f^i	1.25/I	8.83/I	0.79/I	26.80/I	10.40/I	4.49/I	454.50/V
	RI				507.06/强			
奔子栏	I_{geo}	-1.03/UC	0.18/UMC	-0.73/UC	0.09/UMC	-2.47/UC	-0.59/UC	2.07/MHC
	E_f^i	1.07/I	8.94/I	0.72/I	16.37/I	5.07/I	4.14/I	355.50/V
	RI				391.82/强			
相古	I_{geo}	-0.96/UC	-0.06/UC	-0.84/UC	1.04/MC	-2.24/UC	-0.57/UC	2.10/MHC
	E_f^i	1.15/I	7.05/I	0.65/I	42.61/II	6.40/I	4.25/I	369/V
	RI				431.11/强			
河坡	I_{geo}	-1.25/UC	-0.26/UC	-1.12/UC	0.25/UMC	-2.24/UC	-0.79/UC	1.90/MC
	E_f^i	0.86/I	5.79/I	0.49/I	19.35/I	6.40/I	3.39/I	300/V
	RI				336.28/强			

$$C_f^i = C_{surface}^i / C_{reference}^i \quad (2)$$

$$E_f^i = C_f^i \times T_f^i \quad (3)$$

$$RI = \sum E_f^i \quad (4)$$

式中: C_f^i 为某重金属的污染系数; $C_{surface}^i$ 为底泥

中某种重金属的实测浓度; $C_{reference}^i$ 为底泥中某种重金属的背景值, 本文中该值参照 (GB15618 - 1995) 一级标准; E_f^i 为某种重金属的潜在危害系数; T_f^i 为重金属的毒性响应系数^[12], $Zn = 1 < Cr = 2 < Cu = Pb = 5 < As = 10 < Cd = 30 < Hg = 40$; RI 为底泥中多种重金属的联合潜在生态风险指数。潜在生态危害系数 (E_f^i) 和潜在生态风险指数 (RI) 分级见表 4^[7] 所示。

表 4 潜在生态危害系数 (E_f^i) 和潜在生态风险指数 (RI) 分级

危害级别	潜在生态危害系数 (E_f^i)		潜在生态风险指数 (RI)	
	E_f^i	危害程度	RI	风险程度
I	$E_f^i < 40$	无	$RI < 150$	轻微
II	$40 \leq E_f^i < 80$	轻微	$150 \leq RI < 300$	中等
III	$80 \leq E_f^i < 160$	中等	$300 \leq RI < 600$	强
IV	$160 \leq E_f^i < 320$	强	$600 \leq RI$	极强
V	$320 \leq E_f^i$	极强		

按照潜在生态指数法计算出金沙江上游底泥中 7 种重金属的潜在生态风险系数 (E_f^i) 及潜在生态风险指数 (RI) 见表 5。各采样点底泥中的 Cr、Pb、Zn、Hg 和 Cu 对环境均无危害 ($E_f^i < 40$); 臧曲河、奔子栏和河坡底泥中的 As 对环境无危害, 而相古底泥中的 As 对环境有轻微的危害 ($40 \leq E_f^i < 80$); 对环境危害最大的为 Cd 元素, 各采样点底泥中的 Cd 均对环境有极强的危害。

通过各采样点的 RI 值可以看出 (表 3), 各采样点底泥中的重金属对环境的潜在危害很大 ($300 \leq RI < 600$)。比较不同采样点的 RI 值 (表 3) 可以看出, 臧曲河采样点的 RI 最大 ($RI = 507.06$), 其次为相古 ($RI = 431.11$), 第三为奔子栏 ($RI = 391.82$), RI 值最小的为河坡 ($RI = 336.28$)。上述 RI 值的比较说明, 各采样点底泥中重金属对环境的危害程度从大到小依次为: 臧曲河 > 相古 > 奔子栏 > 河坡。

比较不同重金属对 RI 值的贡献率可知 (表 5), 底泥中的 Cd 对 RI 值的贡献最大, 分别为 89.63% (臧曲河)、90.73% (奔子栏)、85.60% (相古) 和 89.22% (河坡)。重金属 Cd 是底泥对环境造成危害的主要原因, 是污染防治的重点对象。另外 As 元素对 RI 值也有较高的贡献, 尤其是相古, 其中 As 元素对 RI 值的贡献高达 9.88%; 其次为河坡, 对 RI 值的贡献率为 5.75%; 臧曲河和相古底泥中 As 对 RI 值的贡献率依次为 5.29% 和 4.18%。因而, 对于底泥中的 As 元素也应予以

相当的关注。

表 5 各重金属 E_f^i 值对 RI 值的贡献率 (%)

采样点	E_f^i 对 RI 的贡献率						
	Cr	Pb	Zn	As	Hg	Cu	Cd
臧曲河	0.25	1.74	0.15	5.29	2.05	0.89	89.63
奔子栏	0.27	2.28	0.18	4.18	1.29	1.06	90.73
相古	0.27	1.64	0.15	9.88	1.48	0.99	85.60
河坡	0.26	1.72	0.15	5.75	1.90	1.01	89.22

2.2.3 二种评价方法的比较

二种评价方法得出的结果见表 3。在采用二种评价方法评价 4 种底泥中 Cr、Zn、Hg 和 Cu 对环境的危害程度时, 均得出上述 4 种金属对环境无危害的结论。但是在评价 Pb、As 和 Cd 三种元素对环境的危害时, 二种评价方法得出的结论有一定的差异。在采用地质累积指数方法 (I_{geo}) 评价臧曲河和奔子栏底泥中 Pb 元素对环境的危害程度时, 得出对环境有轻微危害的结论; 而采用潜在生态风险指数法 (RI) 得出了无危害的结论。同样, 在评价 As 对环境的危害程度时, 采用 RI 方法评价臧曲河、奔子栏和相古底泥时均得出了无危害的结论; 但采用 I_{geo} 方法时得出了有轻微污染的结论。二种评价方法在评价相古底泥的 Cd 元素对环境的危害程度时得出的结论差别较大, 采用 I_{geo} 得出了中度污染的结论, 而采用 RI 得出了重度污染的结论。造成这种差别的主要原因是: 地质累积指数方法 (I_{geo}) 主要考虑的是单一重金属在环境中的富集程度, 而不考虑该种重金属的环境毒性; 而潜在生态风险指数法 (RI) 在考虑单一重金属对环境危害的同时, 也考虑到了多种重金属对环境的污染。二种评价方法的着眼点有一定的差异, 因而造成了评价结论的细微差别^[13]。但二种定量指标对底泥中重金属污染的总体趋势反应基本一致, 二种方法结合使用可以达到相互补充的效果。

3 结论

(1) 金沙江上游底泥中均受到不同程度的重金属污染, 特别是 Cd, 所有采样点底泥中 Cd 的含量均超过 GB15618 - 1995 三级标准; 臧曲河和相古底泥中 As 含量高于三级标准, 河坡底泥中的 As 符合三级标准, 奔子栏底泥中 As 含量符合二级标准; 4 个采样点底泥中的 Pb 含量均符合二级标准; 各采样点底泥中 Cr、Zn、Hg 和 Cu 4 种金属元素的含量均符合国家一级标准。

(2) 对底泥中重金属的富集程度 (I_{geo}) 评价

结果表明, 4种底泥中富集程度最大的元素为Cd, 其次为As。除此之外, 臧曲河和奔子栏底泥中的Pb也有一定程度的富集, 但富集程度不大。

(3) 对底泥中重金属潜在生态风险(RI)评价结果表明, 底泥中Cd的潜在危害指数远大于其他金属, 具有极强的生态危害性。Cd是导致金沙江上游底泥中重金属潜在生态风险增加的主要原因。不同底泥的潜在生态风险依次为: 臧曲河 > 相古 > 奔子栏 > 河坡。

参考文献:

- [1] 陈静生. 沉积物金属污染研究中的若干问题 [J]. 环境科学丛刊, 1983, (8): 1-12.
- [2] 朱栩, 向黎黎, 曾正强, 等. 都江堰(内江)水系河床底泥重金属污染调查与评价 [J]. 四川环境, 2008, 27(5): 53-56.
- [3] Yu G B, Liu Y, Yu S, et al. Inconsistency and comprehensiveness of risk assessments for heavy metals in urban surface sediments [J]. Chemosphere, 2011, 85(6): 1080-1087.
- [4] Santos Bermejo J C, Beltran R, Gomez Ariza J L. Spatial variations of heavy metals contamination in sediments from Odiel river (Southwest Spain) [J]. Environment International, 2003, 29(1): 69-77.
- [5] JI Y, FENG Y, WU J, et al. Using geoaccumulation index to study source profiles of soil dust in China [J]. Journal of Environmental Sciences, 2008, 20(5): 571-578.
- [6] Praveena S, Ahmed A, Radojevic M, et al. Multivariate and Geoaccumulation Index Evaluation in Mangrove Surface Sediment of Mengkabong Lagoon, Sabah [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2008, 81(1): 52-56.
- [7] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control—A sediment ecological approach [J]. Water Research, 1980, 14(1): 975-1001.
- [8] Fu C, Guo J S, Pan J, et al. Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Sediments of the Yangtze River Within the Wanzhou Section, China [J]. Biological Trace Element Research, 2009, 129(1): 270.
- [9] Fernandes H M. Heavy metal distribution in sediments and ecological risk assessment: The role of diagenetic processes in reducing metal toxicity in bottom sediments [J]. Environmental Pollution, 1997, 97(3): 317-325.
- [10] GB15618-1995, 土壤环境质量标准 [S].
- [11] Singh M, Ansari A A, Müller G, et al. Heavy metals in freshly deposited sediments of the Gomati River (a tributary of the Ganga River): effects of human activities [J]. Environmental Geology, 1997, 29(3): 246-252.
- [12] 徐争启, 倪师军, 虞先国, 等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算 [J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 112-115.
- [13] 彭景, 李泽琴, 侯家渝. 地积累指数法及生态危害指数评价法在土壤重金属污染中的应用及探讨 [J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(8): 13-17.

Assessment of Heavy Metal Pollution in Sediment and Potential Ecological Risk in Upper Reach of Jinsha River

ZHAO Zu-jun

(Yunnan Environmental Monitoring Center, Yunnan Kunming 650034 China)

Abstract: The heavy metal contents of Cr、Pb、Zn、As、Hg、Cu and Cd at the four monitoring points of the upper Jinsha River are analyzed, and the potential ecological risk is evaluated. It shows that the contents of all of these metals are in compliance with the first grade of GB15618-1995, except for Cd and As. Cd has the highest concentration in the sediments, and it exceeds Grade III of the standards in all sampled sediments. The content of As in Zangqu River and Xianggu sediments also exceeds Grade III of the standards. The potential ecological risk of all the monitoring points is high. The potential hazards index of Cd is much greater than the other metals, and it intensifies the potential ecological risks in the sediments of the upper Jinsha River. The potential ecological risk in different sediments is ranked as Zangqu River > Xianggu > Benzilan > Hepo.

Key words: sediment; heavy metal; geo-accumulation index; potential ecological risk assessment; upper Jinsha River

云南思小高速公路交通噪声对生态敏感区的影响分析

唐 勤

(云南省公路科学技术研究院环境保护工程研究所, 云南 昆明 650051)

摘 要: 思小高速公路是云南省一条穿越西双版纳国家级自然保护区的高速公路, 保护区本身是一个非常敏感的区域, 公路产生的交通噪声对该区域内动植物的生存、发展有很大影响。通过分析交通噪声对公路沿线生态环境的影响及其危害, 提出了降噪的办法和措施。

关键词: 高速公路; 生态敏感区; 噪声; 影响; 云南

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0095-03

1 思小高速公路概况

思小高速公路是云南省思茅至小勐养高速公路, 是昆曼公路连接中国的第一站, 路线全长 97.7km, 其中思茅市境内 25.1km, 西双版纳州境内 72.6km。思小高速公路是中国目前唯一一条穿越热带雨林的高速公路, 全线有 37.21km 从西双版纳小勐养自然保护区边缘次生林带穿过, 其中 18km 穿过自然保护区的试验区。公路于 2003 年 6 月 20 日正式开工建设, 2006 年 4 月 6 日通车。

2 交通噪声对公路沿线敏感区的影响

2.1 影响道路交通噪声的因素

交通噪声属非稳态线声源, 据初步统计, 全国有 80% 的交通干线环境噪声超过国家标准。影响道路交通噪声的因素主要包括两大类: 第一类因素决定声源的性质, 如车流量、车速、车型、路面材料以及道路的宽度、坡度和平整度等; 第二类因素影响噪声传播的路径和强度, 如接受点到声源的距离、接受点对声源的视角、地面植被状况、各类声屏障对噪声的阻挡作用、各类地物对噪声的反射以及空气的温度、湿度、风等。高速公路交通噪声对其公路两侧敏感区域的影响不仅决定于道路上的车流量、各种车辆组成、道路条件等情况, 而且与高速公路和受影响的敏感区域间有无遮挡、气候条件等诸多因素有关。

2.2 交通噪声对生态敏感区的影响

生态敏感区是指对区域总体生态环境起决定作用的生态要素和生态实体, 这些实体和要素对内外

干扰具有较强的恢复功能, 其保护、生长、生育等程度决定了区域生态环境的状况。生态敏感区是一个区域中生态环境变化最激烈和最容易出现生态问题的地方, 也是区域生态系统可持续发展的关键地区。西双版纳国家级自然保护区作为一个生态敏感区的典型代表, 它包含了珍稀动植物的栖息地、动物如亚洲象水源地、湿地、澜沧江支流水系等敏感点。思小高速公路穿越保护区, 其公路交通噪声污染对生态敏感区有较大影响。首先对人类而言, 噪音是引起听力丧失的常见原因, 除此之外, 噪音对神经系统、心血管系统、内分泌系统、消化系统以及视觉、智力等都有不同程度的影响, 甚至影响胎儿发育、导致儿童智力低下。城市噪声还会影响到土地、房地产等的使用价值, 增加工程费用等。其次对动植物而言, 保护区内都是对噪声极其敏感的动植物, 噪声能对动物的听觉器官、视觉器官、内脏器官及中枢神经系统造成病理性变化, 如使动物失去行为控制能力, 出现烦躁不安、失去常态等现象, 强噪声会引起动物死亡。此外, 噪声会使野生动物的活动区域缩小, 活动领域被重新划分, 生存的范围减小, 导致种群间的交流减少, 使动物的生活环境岛屿化, 不利于野生动物的生存、繁殖。鸟类在噪声中会出现羽毛脱落、影响产卵率等。有调查表明, 高速公路两侧 200~300m 范围内形成的噪声污染带和汽车尾气形成的大气污染可造成公路两侧森林动物习性发生改变。如鸣鸟的性别比、年龄比发生变化, 繁殖率下降等。同时噪音能促进植物的衰老进程, 使呼吸强度和内源乙释放量提高, 并能激活各种氧化酶和水解酶的活性, 使果胶水解, 细胞破坏, 导致细胞膜透性增加。通过数据资

料分析已知,噪声加剧破坏生态环境的动态平衡过程,促进濒危动物的消亡。

由于穿越保护区的路线较长,在思小高速路上,交通噪声对环境的污染主要是对敏感区域沿线的动植物的影响。

3 国内外对降噪措施的研究状况

随着高速公路建设的不断推进,在促进经济发展的同时,交通噪声污染也越来越严重。噪声对人们身心健康、生产生活环境造成许多损害,降低了生活质量,对公路沿线的生态环境,动植物自身的生长、繁殖、交流也带来显著影响。为了降低噪声,改善环境,越来越多的人在降噪技术上进行了研究。

3.1 声屏障及绿化带的应用

交通噪声的治理主要从声源防治、切断传播途径、受声点防护等几方面进行研究,其中声屏障是从切断传播途径方面入手,是防治噪声的有效途径之一,目前声屏障在降噪措施方面的研究和应用较多。世界上许多经济发达国家和地区的人20世纪60年代就开始研究公路声屏障技术,到20世纪70、80年代已在声屏障的设计和施工方面进行了深入研究和大量实践,积累了丰富的经验。如据1983年统计资料报道,“日本道路公团”管理的高速公路总里程是3936 km,建声屏障公路里程为455.5 km,占总里程的12%。据有关资料报道,美国在1986年就修建了720 km的声屏障。Sandberg、张宇等细致研究了车辆发动机和轮胎等构件产生噪声的特点、低噪声车辆的研制及路面特性对交通噪声的影响^[1]。Watts、余玮杰等深入探讨了声屏障的材料、结构、布局等对减噪效果的影响^[2]。在我国陕西西三(西安-三原)一级公路,贵州贵黄(贵州-黄果树)一级汽车专用公路首次对声屏障的应用进行了试验研究,据测试,贵黄公路声屏障的降噪效果达10 dB(A)^[3]。在国内许多城市区域,较多地使用声屏障将住宅与道路隔开,有效降低了噪声污染。亚超、周敬宣等对绿化带的降噪效果进行了实验,研究表明绿化带降低噪声,其效果取决于树种、能见度、种植宽度、树冠高度、枝叶密度以及季节变化等,其中能见度和宽度是最重要的两个因子。林带衰减与宽度成正比,与能见度成反比,林带要有一定的高度和长度才有降噪效果,每10 m林带总的噪声衰减在3 dB(A)左右,愈量衰减在1 dB(A)左右^[4]。用绿化带减少噪声和大气污染是目前认为最便宜的方法,

但此法适用于降噪目标量不大的情况。

3.2 多孔低噪声路面的研究

交通噪声由发动机噪声、进气噪声、排气噪声、风扇噪声、车体振动噪声和轮胎-路面接触噪声等组成。当车速 >50 km/h时,轮胎-路面接触噪声成为小汽车的主要噪声源。许多国家的研究和实践表明,改善路面表面特征是降低轮胎-路面接触噪声的最有效措施之一。欧洲从20世纪50年代开始研究多孔沥青路面以降噪。其中英国在20世纪50年代末就开发了多孔沥青路面,并进行了实验,验证其降噪效果和耐久性。许多国家如美国、日本等也相继对多孔沥青路面进行了研究并应用到实际中。国内对低噪声路面处于初步研究阶段。余世清等对杭州市建国路和庆春路进行一般沥青路面和疏水性低噪声路面的比较试验,所谓疏水性低噪声沥青路面,是指在普通的沥青混凝土路面、水泥混凝土路面或其它路面结构层上铺筑上一层具有很高空隙率的沥青稳定碎石混合料,其空隙率通常在15%~25%,有的甚至高达30%。结果表明在试验条件下采用疏水性低噪声路面在晴天气象条件的降噪效果 Leq 可达3.8~9.3 dB,雨天气象条件的降噪效果 Leq 可达7.2~8.7 dB,疏水性低噪声沥青路面降噪效果明显^[5]。根据表面层厚度、使用时间、使用条件及养护状况的不同,与普通的沥青混凝土路面相比,低噪声路面可降低道路噪声3~8 dB(A)^[6]。虽然低噪声路面孔隙率高,能降低轮胎与路面接触产生的噪声,但其耐久性差,对材料要求较高,空隙易堵塞。

4 思小高速公路降噪措施探讨

西双版纳既是国家级的自然保护区,也是享誉国内外的旅游胜地。由于思小生态高速公路的开通,掀起了到西双版纳旅游特别是自驾游的热潮。据报道,2011年西双版纳接待国内外游客1013.49万人次,仅春节黄金周就接待26.85万人,自驾游车辆32523辆。如此大的车流量和人流,产生的噪声和其它污染对沿线敏感区内动植物的生存环境非常不利。为了使保护区内的珍稀动植物免受或少受人类对它们的影响和干扰,对高速公路降噪特别是在敏感区的降噪已是亟待解决的重大问题。

比较几种降噪方式:①由于思小高速路本身是一条生态示范路,沿途绿化覆盖率较高,园林景观较自然,再建绿化带反而有画蛇添足的感觉,对西双版纳国家级保护区这类敏感区域来说,降噪目标量较大,绿化带不太适用。②低噪声路面也不适

宜。现在既有路面路况较好,不需改造,宜纳入以后其它的建设项目设计中,直接施工建设。如果公路运行多年后路况变差了,需要维修,可以考虑铺装低噪声路面。③如果要从源头上治理噪声,需要从改善汽车本身构造方面进行,而我国还不具备这方面的技术条件。

通过比较,对思小公路经过敏感区地方的降噪方式以声屏障处理比较恰当。针对保护区敏感性的特点和思小路本身的特性,声屏障除了满足降噪技术上的要求外,还要因地制宜地考虑以下因素:①思小高速公路沿线景观、植被保护良好,景色优美,声屏障的设计要从外观、颜色、长度、高度、形状上与外部景观协调,不能破坏了原有的和谐与美观。要解决传统声屏障让人产生压抑、颜色单调、阻挡视线、容易产生视觉疲劳等问题,如设计成透明的,或在颜色、形状等方面加以改进,看上去美观新颖,给人耳目一新的感觉,使其不失为另一道风景。②从环保节能降低成本方面考虑,在满足降噪要求前提下,声屏障应选择易维护的吸音材

质。由于是在露天放置,易损坏,要求维修更换方便,费用低。③可以考虑在声屏障内外侧种植绿化带的方法,既增加了降噪效果,又美化了环境,还能减少空气污染。还有人提出将声屏障设计成可以种植花草的式样,这也不失为一种好方法。

参考文献:

- [1] 张宇,苏清祖,汪文国. 车辆噪声与控制 [J]. 机械设计与制造工程, 1999, 28 (2): 44-46.
- [2] Watts G R. Effect on roadside noise levels of sound absorptive materials in noise barriers [J]. Applied Acoustics, 1999, (58): 385-402.
- [3] 聂嘉宣. 公路声屏障设计方法探讨 [J]. 中国公路学报, 1993, (3): 81-94.
- [4] 亚超,周敬宣,李恒,等. 绿化带对公路交通噪声衰减的效果研究 [J]. 公路, 2004, (12): 205-208.
- [5] 余世清,吴灵鹁. 城市道路低噪声路面改造的降噪效果研究 [J]. 环境科学, 2010, 23 (增刊1): 20-21.
- [6] 张鹏飞,姚成. 高速公路与城市道路沿线交通噪声对环境的污染分析 [J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12 (3): 29-31.

Analysis of Traffic Noise Impact of Simao – Xiaomengyang Expressway on Ecologically Sensitive Area in Yunnan

TANG Qin

(Environmental Protection Engineering Research Institute, Yunnan Highway Science and Technology Research Institute, Kunming Yunnan 650051 China)

Abstract: The Simao – Xiao Mengyang Expressway is a freeway running through Xishuangbanna National Nature Reserve in Yunnan Province. The nature reserve is a very sensitive area, where the traffic noise from the expressway has a great influence on the faunal and floral survival and development. The influence and hazard of the traffic noise on the ecological environment along the expressway are analyzed in this paper, and the methods and measures for noise reduction are proposed.

Key words: expressway; ecologically sensitive area; noise; influence; Yunnan

云南铁矿放射性水平及对环境的影响分析

王顺生, 喻亦林

(云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650032)

摘要: 通过采样, 分析了云南铁矿中天然放射性水平, 对铁矿利用及辐射污染现状进行了评价, 提出了污染防治建议。

关键词: 铁矿; 放射性水平; 环境; 影响; 云南

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0098-03

1 云南铁矿资源概述

云南铁矿石保有储量 21.7 亿 t, 表外储量 13.6 亿 t, 居全国第 6 位, 其中富铁矿石储量占全省铁矿石总储量的 17%^[1]。

云南铁矿资源主要分布于滇西和滇中, 有良好开发利用前景的大中型矿山有新平大红山、鲁奎山、峨山他达、大六龙, 东川包子铺等。其中玉溪新平大红山拥有铁矿储量 3.74 亿 t, 富矿达 1.6 亿 t^[1], 是国内远近闻名的大型铁矿床, 是昆明钢铁公司的主要铁矿石供给地。

云南铁矿主要分布于扬子铁矿成矿区 (I₁)、昌都-思茅铁矿成矿带 (I₂)、岗底斯-念青唐古拉铁矿成矿带 (I₃)。此外, 在滇东南及景东、墨江、金平一带尚有一些小型铁矿分布^[1]。

2 铁矿中天然放射性水平

2.1 采样与分析

调查采取普查与详查相结合的技术路线, 选取有代表性矿山、企业进行现场监测、取样、对比分析。工作中, 采集了包括新平大红山、峨山、易门、禄丰、富源、澜沧等地较大规模的铁矿样品进行天然放射性核素活度分析, 结果见表 1。

2.2 分析结论

(1) 云南铁矿资源中²³⁸U 比活度范围为 (4.0 ~ 649.2) Bq/kg, 样品平均值为 77.1 Bq/kg; ²³²Th 比活度范围为 (1.4 ~ 145.5) Bq/kg, 样品平均值为 26.3 Bq/kg; ²²⁶Ra 比活度范围为 (0.8 ~ 973.6) Bq/kg, 样品平均值为 104.1 Bq/kg; ⁴⁰K 比活度范围为 (6.0 ~ 1389.5) Bq/kg, 样品平均

值为 210.9 Bq/kg。

(2) 调查样品中天然放射性核素含量波动范围很大, 从几个到几百至千余个 Bq/kg, 反映出不同地质条件及构造下复杂的物质组成成分。其中, ²³⁸U、²²⁶Ra 比活度最高的是富源铁矿铁渣, 其值分别为 649.2 及 973.6 Bq/kg; ²³⁸U 比活度最低的是大红山铁精矿, 其值为 4.0 Bq/kg, 最高与最低二者相差 161.3 倍; ²²⁶Ra 比活度最低的是澜沧铁矿尾矿, 其值为 0.8 Bq/kg, 最高与最低二者相差 1216 倍; ²³²Th 比活度最高的是石屏龙潭铁矿, 其值为 145.5 Bq/kg, 最低的是滇滩无极山选厂精矿, 其值为 1.4 Bq/kg, 最高与最低二者相差 102.9 倍。⁴⁰K 含量最高的是大宝山围岩, 其值为 1389.5 Bq/kg, 最低的是滇滩无极山选厂精矿, 其值为 6.0 Bq/kg, 两者相差 230.6 倍。

(3) 调查的铁矿原矿中, 大红山 480 平巷 940m 异常带、玉溪芭蕉箐大四子矿、富源铁厂铁矿、楚雄东方红铁矿等样品的天然放射性含量较高。其中富源铁厂铁矿在炼结成渣后, ²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 四核素较原矿分别有了 5.0、6.0、3.3、4.1 倍的富集, 提示在矿产品废物利用中应持谨慎态度。

(4) 总体而言, 在调查的铁矿资源中, 未发现天然放射性核素比活度的异常值^[3], 大部分铁矿资源中放射性核素比活度属正常范围。

3 铁矿利用及辐射污染现状

昆明钢铁公司是云南省最大的钢铁生产基地, 1995 年产钢 121.3 万 t、铁 116 万 t、钢材 96.3 万 t, 年铁矿石用量 131.9 万 t。实施改扩建后, 年铁矿石用量将达到 344.13 万 t 以上^[4], 成为省内最大的铁矿石消耗地。其次, 昆明团山钢铁厂、禄丰钢铁厂、曲靖地区越州钢铁厂等也有一定规模。

收稿日期: 2012-08-14

作者简介: 王顺生 (1956-), 男, 汉族, 云南昆明人, 工程师, 从事辐射环境监测工作。

表1 云南省主要铁矿床中天然放射性核素活度^[2] (Bq/kg)

属地	样品名称	A ±σ(K=2)			
		²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
新平	大红山480平巷异常带	232.0 ±32	18.4 ±3.3	206.9 ±11	92.0 ±20
	大红山铁矿	8.0 ±0.8	6.2 ±0.6	21.7 ±2.2	28.9 ±2.9
	大红山铁精矿	4.0 ±0.4	3.5 ±0.6	17.2 ±1.7	132.3 ±13
	大红山选厂精矿	18.0 ±4.2	2.5 ±0.4	18.4 ±1.0	6.7 ±1.2
	大红山选厂尾矿	133.1 ±22	19.2 ±1.4	77.9 ±3.9	107.0 ±11
	大红山龙都尾矿坝尾矿	81.2 ±10	19.4 ±1.1	53.5 ±2.5	158.6 ±9.2
峨山	他达铁矿	8.8 ±1.6	3.0 ±0.5	23.4 ±1.2	18.2 ±3.1
	他达围岩	13.1 ±1.3	29.3 ±1.4	16.4 ±1.1	539.5 ±24
	玉溪峨山王矿新哨湾	40.9 ±5.0	8.4 ±0.7	71.7 ±3.0	65.1 ±4.9
	玉溪峨山王矿铁粉	29.2 ±2.9	9.7 ±0.8	43.1 ±2.2	98.8 ±7.3
	玉溪峨山王矿(Fe)	33.6 ±3.4	10.2 ±1.0	45.5 ±2.3	109.1 ±8.5
玉溪	峨山王矿铁矿石	36.1 ±3.6	13.2 ±1.0	64.6 ±3.1	101.0 ±10
	芭蕉箐大凹子矿	199.2 ±45	10.0 ±1.1	349.8 ±14	162.1 ±16
	玉溪狮子山铁矿	39.4 ±11	23.5 ±1.2	19.3 ±1.0	233.4 ±12
	玉溪狮子山铜铁尾矿	31.4 ±5.4	28.7 ±1.4	25.4 ±2.5	542.5 ±23
易门	三家厂铁矿	28.8 ±2.9	27.2 ±1.7	17.8 ±1.7	740.7 ±74
	三家厂尾矿	37.0 ±3.7	35.4 ±2.4	27.7 ±1.9	680.9 ±36
石屏	三家厂尾矿	51.7 ±11	32.7 ±1.9	30.4 ±2.1	593.6 ±29
	石屏龙潭铁矿	69.8 ±7.0	145.5 ±6.3	23.1 ±1.8	19.7 ±2.0
禄丰	罗茨铁矿	49.8 ±10	2.2 ±0.8	96.0 ±4.8	17.7 ±1.8
	罗茨精铁矿	45.9 ±10	7.3 ±0.9	92.1 ±9.2	42.0 ±4.2
澜沧	惠民铁矿	36.5 ±7.2	16.8 ±1.4	34.0 ±2.4	31.8 ±5.2
	澜沧铁矿尾矿	4.7 ±1.0	1.5 ±0.4	0.8 ±0.1	94.2 ±9.5
	思茅惠尼2号矿	22.4 ±9.3	7.5 ±0.8	14.7 ±1.3	10.4 ±1.0
富源	思茅惠尼3号矿	19.4 ±2.0	7.3 ±0.7	11.7 ±1.1	18.8 ±1.9
	富源铁厂铁矿	108.1 ±10	17.2 ±1.5	224.2 ±22	47.9 ±4.8
腾冲	富源铁矿铁渣	649.2 ±67	120.8 ±8.7	973.6 ±41	246.6 ±25
	滇滩铜厂原矿	9.8 ±1.0	6.7 ±0.7	10.2 ±0.8	12.7 ±1.3
楚雄	滇滩无极山选厂精矿	19.8 ±2.0	1.4 ±0.7	42.9 ±2.5	6.0 ±0.6
	大宝山铁矿	48.7 ±5.8	15.1 ±1.0	101.5 ±4.2	58.6 ±4.9
	大宝山围岩(Cu, Fe)	245.7 ±39	141.4 ±8.2	318.3 ±32	1389.5 ±139
禄劝	东方红铁矿	143.2 ±17	64.1 ±3.6	286.1 ±12	349.0 ±22
	禄劝大坪地铁矿	47.0 ±12	11.3 ±1.3	76.5 ±3.9	205.5 ±15
范围(Bq/kg)		4.0 ~ 649.2	1.4 ~ 145.5	0.8 ~ 973.6	6.0 ~ 1389.5
均值±标准偏差		77.1 ±120.6	26.3 ±37.6	104.1 ±181.4	210.9 ±297.7

铁矿石经冶炼加工,最终成为各类钢铁产品。此过程中产生多种固体废弃物,如高炉水淬渣、转炉钢渣、氧化渣、还原渣等。这些渣一般被再利用于水泥、砖块制造或路基填充等。由于生产过程中的富集作用,相当一部分废渣放射性水平较高,资

料表明,云南省柏油路、水泥路、土路、废渣路等7类道路中,废渣路面 γ 辐射水平较高,表明由于工业废渣的使用,有使道路辐射水平增高的趋势^[3]。表2列出云南省主要钢铁企业部分废渣中放射性核素的含量。

表2 主要钢铁企业部分废渣的放射性水平^[2] (Bq/kg)

企业名称	固体废弃物种类	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra
昆明钢铁公司	高炉水淬渣	341	186.7	678.2
	转炉钢渣	48.4	21.5	79.2
	瓦斯灰	58.3	31.6	144.2
昆明团山钢铁厂	炼钢电炉氧化渣	104.2	0.41	574.6
	炼钢电炉还原渣	119.0	0.41	185.7
曲靖越州钢铁厂	高炉渣	398.0	38.1	230.7
禄丰钢铁厂	高炉水淬渣	388.1	71.7	171.2

从表2中可看出,昆钢高炉水淬渣、昆明团山钢铁厂电炉氧化渣、曲靖越州钢铁厂高炉渣²²⁶Ra含量较高,单项指标已超出《建筑材料放射性核素限量》GB6566-2001中A类材料限值标准,其单独使用应受到使用范围的限制。

目前,虽未出现钢铁企业废弃物利用的放射性污染事件,但其可能的潜在风险是存在的,我们应该采取科学务实的态度,既不全盘否定,也不能放任自流。

4 小结

(1) 云南铁矿资源储量丰富,富矿比例大,作为全省的优势产业之一,发展前景良好。省内铁矿资源主要分布于滇西和滇中,昆明钢铁公司是全省最大的钢铁生产企业,也是各地铁矿石的集中加工地。

(2) 调查样品中天然放射性核素比活度波动范围大,²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K比活度相差达2个数量级,反映出不同地质条件及构造下复杂的物质组

成成分。就全省铁矿产资源而言,大部分铁矿产资源中放射性核素比活度属正常范围。

(3) 放射性核素比活度较高的铁矿,经过冶炼后,渣中放射性核素被进一步富集,比活度将提高1至2个数量级,而这些渣产品一般都会被再利用,如作为基本原料用于水泥、砖块、混凝土预制构件或路基填充等,不加选择地使用这些产品,无疑会增加区域辐射水平,产生对公众的附加辐射照射,最终成为公众的健康隐患。所以,在开发利用各类铁矿副产品前,应对其放射性核素比活度有充分的认识,加以选择,合理配比原料,控制工艺,确保符合国家相关限值标准。

(4) 调查中,大部分铁矿产资源中放射性核素比活度在正常波动范围之内,未在铁矿样中发现天然放射性核素比活度的极值。这是因为调查的范围、广度、深度等有限。故暂不排除云南铁矿产资源存在伴生放射性矿产的情况,进一步的调查研究是我们工作的方向。

参考文献:

- [1] 张翼飞. 云南省区域矿产总结 [R]. 昆明: 云南省地质矿产局, 1993.
- [2] 喻亦林. 云南省伴生放射性矿物资源利用及污染现状调查报告 [R]. 昆明: 云南省辐射环境监督站, 2003.
- [3] 李玉先. 云南省环境天然放射性水平调查研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1992.
- [4] 孙治. 昆明钢铁公司改扩建工程环境放射性影响补充评价报告书 [R]. 昆明: 云南省辐射环境监督站, 1996.

An Analysis of Iron Ore Radioactive Level and Its Environmental Impact in Yunnan

WANG Shun-sheng, YU Yi-lin

(Yunnan Radiation Environmental Supervision Station, Kunming Yunnan 650032 China)

Abstract: The natural radioactive level of the iron ore in Yunnan is analyzed in this paper through sampling. The utilization of the iron ore and the radiation pollution are assessed. The pollution prevention and control measures are proposed.

Key words: iron ore; radioactive level; environment; impact; Yunnan

大连北三市土地利用景观格局及其生态环境效应

艾晓荣¹, 张 华^{1,2}

(1. 辽宁师范大学自然地理与空间信息科学辽宁省重点实验室, 辽宁 大连 116029;

2. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029)

摘 要: 以大连市北部的县级市瓦房店市、普兰店市和庄河市为研究区, 引用 2005 年土地利用矢量数据, 选用生态意义较明确的景观特征指数, 对大连北三市土地利用景观格局及其生态环境效应进行比较分析。揭示土地利用景观格局对生态环境的影响。

关键词: 景观空间格局; 景观特征指数; 生态环境效应; 大连北三市

中图分类号: X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0101-04

随着全球变化研究的深入, 土地利用/土地覆盖变化 (LUCC) 被认为是全球变化的重要组成部分和主要原因之一, 已成为当今全球变化研究的热点和前沿问题^[1]。土地资源的可持续利用是区域经济和可持续发展的重要保证, 土地资源的合理利用对人类生存发展有着重要意义。目前, 沿海地区由于工业化和城市化的快速发展, 用地矛盾日益突出^[2], 给沿海地区的生态环境带来很大压力。基于此, 本文以大连市北部的 3 个县级市——瓦房店市、普兰店市和庄河市为研究区, 引用研究区 2005 年土地利用矢量数据, 选用生态意义较明确的景观特征指数, 对大连北三市土地利用景观格局及其生态环境效应进行比较分析, 揭示土地利用景观格局对生态环境的影响, 为研究区土地利用结构的调整及生态环境管理决策的制定提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于辽东半岛中部, 区内地貌轮廓从北至南为中山—低山—丘陵—台地—沿海阶地平原的层状地貌结构; 气候上属于暖温带大陆性半湿润季风气候区, 兼具海洋性气候特征, 冬无严寒、夏无酷暑, 四季分明; 年平均降水量为 600~790mm, 由西南向东北方向递增, 降水的季节分配多集中在夏季; 区内地带性植被为夏绿阔叶林; 主要河流有英那河、庄河、碧流河、复州河和浮渡河等。

2 研究方法

2.1 土地利用景观斑块类型划分

本研究的基础数据为研究区 2005 年的土地利

用图形数据, 为土地资源的二级分类系统 (25 类)。考虑到景观格局研究的需要和辽宁沿海区域的地理环境状况, 应用时将二级分类归并为水田、旱地、林地、草地、水域、滩涂、城乡工矿居民用地 (以下简称为城乡用地)、沼泽地和未利用地共 9 种景观斑块类型 (表 1)。

2.2 景观格局指数计算

从斑块类型和景观 2 个水平上, 选用生态意义较明确的景观格局指数^[3,4,5]: 斑块类型面积及面积比例、斑块数 (n_i)、斑块分离度 (F) 以及景观多样性指数 (H)、优势度指数 (D) 和景观破碎化指数 (C) 等, 来分析研究区景观格局的空间变化特征。

(1) 斑块分离度 (F)

F 表示某一景观斑块类型个体分布的分离程度。其值越大, 表明该景观类型在地域分布上越分散。其计算公式为:

$$F_i = \frac{\sqrt{n_i/A}}{2(A_i/A)}$$

式中: n_i 为景观斑块类型 i 的斑块数; A_i 为景观斑块类型 i 的总面积; A 为总景观面积。

(2) 景观多样性指数 (H)

H 是一种基于信息理论的测量指数, 能反映不同景观类型分布的均匀性和复杂性的程度, 特别对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感。计算公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

式中: P_i 为景观斑块类型 i 在景观中所占的面积比例; m 为景观类型数。

收稿日期: 2012-07-05

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目 (07JA790043)。

作者简介: 艾晓荣 (1987-), 女, 内蒙古人, 研究生, 生态学专业。

表1 研究区景观斑块类型及含义

土地利用景观斑块类型	含义
水田	指有水源保证和灌溉设施, 在一般年景能正常灌溉, 用以种植水稻、莲藕等水生农作物的耕地, 包括实行水稻和旱地作物轮种的耕地
旱地	指无灌溉水源及设施, 靠天然降水生长作物的耕地; 有水源和浇灌设施, 在一般年景下能正常灌溉的旱作物耕地; 以种菜为主的耕地, 正常轮作的休闲地和轮歇地
林地	指郁闭度 > 30% 的天然木和人工林。包括用材林、经济林、防护林等成片林地; 郁闭度 > 40%、高度在 2m 以下的矮林地和灌丛林地; 疏林地 (郁闭度为 10% ~ 30%); 未成林造林地、迹地、苗圃及各类园地 (果园、桑园、茶园、热作林园地等)
草地	指覆盖度在 > 50% 的天然草地、改良草地和割草地。此类草地一般水分条件较好, 草被生长茂密; 覆盖度在 20% ~ 50% 的天然草地和改良草地, 此类草地一般水分不足, 草被较稀疏; 覆盖度在 5% ~ 20% 的天然草地。此类草地水分缺乏, 草被稀疏, 牧业利用条件差
水域	指天然形成或人工开挖的河流及主干渠常年水位以下的土地, 人工渠包括堤岸; 天然形成的积水区常年水位以下的土地; 人工修建的蓄水区常年水位以下的土地; 河、湖水域平水期水位与洪水期水位之间的土地
滩涂	指沿海大潮高潮位与低潮位之间的潮浸地带
城乡、工矿、居民用地 (以下简称建设用地)	指大、中、小城市及县镇以上建成区用地; 农村居民点; 独立于城镇以外的厂矿、大型工业区、油田、盐场、采石场等用地、交通道路、机场及特殊用地
沼泽地	指地势平坦低洼, 排水不畅, 长期潮湿, 季节性积水或常积水, 表层生长湿生植物的土地
未利用土地	指地表为沙覆盖, 植被覆盖度在 5% 以下的土地, 包括沙漠, 不包括水系中的沙滩; 地表盐碱聚集, 植被稀少, 只能生长耐盐碱植物的土地; 地表土质覆盖, 植被覆盖度在 5% 以下的土地; 地表为岩石或石砾, 其覆盖面积 > 5% 以下的土地; 其他未利用土地, 包括高寒荒漠, 苔原等

式中: P_i 为景观斑块类型 i 在景观中所占的面积比例; m 为景观类型数。

(3) 景观优势度指数 (D)

D 通常用多样性指数的最大值与实际计算值之差来表示, 用于测度景观结构组成中某种景观要素支配景观的程度, 亦反映某种景观斑块类型在景观中所处的位置或重要性。计算公式为:

$$D = H_{\max} - H = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

$$H_{\max} = \ln(m)$$

(4) 景观破碎化指数 (C)

景观破碎化是指由于自然或者人文因素干扰所导致的景观类型由简单到复杂的过程, 即景观由单一匀质到复杂异质的过程。景观破碎化指数能够反映景观空间结构的复杂性和人类活动对景观结构的干扰程度。其计算公式为:

$$C = N/A$$

式中: N 为研究区斑块总数, A 为总景观面积。

2.3 区域生态环境指数 (EV) 计算

引用杨述河等人^[6]依据专家征询和层次分析法得出的土地利用分类系统及其生态环境指数赋值表, 基于研究区土地利用二级分类系统中各类景观面积的大小, 以 EV 定量表征某一区域内生态环境质量的总体状况, EV 值越大, 表示生态环境质量越高。其计算公式为:

$$EV_i = \sum_{i=1}^m (LU_i C_i / A)$$

式中: LU_i 为区域内 t 时期第 i 种景观类型的面积; C_i 为生态环境指数赋值; A 为区域总景观

面积。

3 结果与分析

3.1 大连北三市土地利用结构比较分析

大连北三市土地利用景观类型面积比例的统计结果 (图1) 表明, 北三市旱地、林地、城乡建设

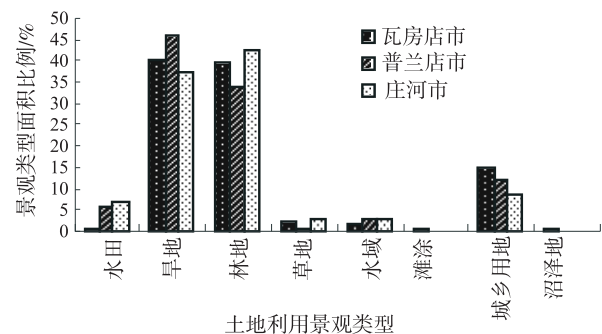


图1 大连北三市土地利用景观类型面积比例

用地景观面积比例明显大于其它景观类型。其中, 瓦房店市旱地面积最大, 为 145692.5hm², 景观面积比例为 40.1%, 林地次之, 景观面积比例为 39.9%, 城乡建设用地、草地、水域、水田、滩涂和沼泽地的景观面积比例分别为 14.8%、2.2%、1.5%、0.8%、0.5% 和 0.2%, 没有未利用地; 普兰店市旱地面积最大, 为 127791.3hm², 景观面积比例为 45.5%, 其次为林地, 景观面积比例为 33.9%, 城乡建设用地、水田、水域和草地的景观面积比例分别为 11.9%、5.3%、2.7% 和 0.6%, 沼泽地和未利用地的景观面积比例最小, 几乎为零; 庄河市林地面积最大, 为 162115.6hm², 景观面积比例为 42.3%, 旱地次之, 景观面积比例为 37.0%, 城乡建设用地、水田、草地和水域的景观

面积比例分别为 8.3%、6.9%、2.8% 和 2.7%，沼泽地和未利用地的景观面积比例最小，几乎为零。由此表明，大连北三市的基质景观均为旱地和林地。

从空间分布来看，瓦房店市旱地景观遍布全区，林地景观在东北部地区相对集中，城乡建设用地沿渤海在南部相对集中，但在其它地段也有零星分布现象；普兰店市旱地景观分布最广，集中分布在中南部地区，城乡建设用地沿渤海和黄海分布现象明显，水田和水域景观在普兰店市全区分布很分散；庄河市林地景观广泛分布在北部山地地区，旱地和水田景观分布的不均匀，但在东南部和东部地区相对均匀、集中，城乡建设用地沿黄海集中分布现象明显，水域景观零散分布在中部地区。

3.2 大连北三市土地利用景观格局指数比较分析

3.2.1 斑块水平指数

表 2 为北三市土地利用景观类型的斑块数量、斑块个数比例及斑块分离度的统计结果。从斑块数量上看，瓦房店市总斑块数为 3222 个，平均斑块面积为 112.74hm²/个。其中，林地斑块数最多，为 1519 个，斑块个数比例为 47.14%，城乡建设用地次之，斑块个数比例为 39.32%，沼泽地斑块数最少，斑块个数比例为 0.19%。普兰店市总斑块数为 3249 个，平均斑块面积为 86.5hm²/个。其中，城乡建设用地斑块数最多，为 1597 个，斑块个数比例为 49.15%，林地次之，斑块个数比例为 37.37%，沼泽地斑块数最少，斑块个数比例为 0.09%。庄河市总斑块数为 2855 个，平均斑块面积为 134.1hm²/个。其中，林地斑块数最多，为 1182 个，斑块个数比例为 41.40%，城乡建设用地次之，斑块个数比例为 39.71%，沼泽地斑块数最少，斑块个数比例为 0.10%。从斑块分离度来看，瓦房店市、普兰店市和庄河市的旱地和林地的景观斑块分离度均较小，旱地的斑块分离度分别为 0.034、

0.026 和 0.035，林地的斑块分离度分别为 0.081、0.097 和 0.066。沼泽地的斑块分离度均最大，分别为 0.914、4.678 和 12.641。表明在大连北三市，旱地、林地和城乡建设用地分布的较集中，而沼泽地分布很零散。

3.2.2 景观水平指数

表 3 为大连北三市景观特征指数计算结果。瓦房店市、普兰店市和庄河市的景观多样性指数分别为 1.24、1.27 和 1.32；优势度指数分别为 0.84、0.68 和 0.63，表明庄河市各类景观分布得较分散，瓦房店市各类景观分布得相对均匀。瓦房店市、普兰店市和庄河市的景观破碎化指数分别为 0.0089、0.0116 和 0.0075，表明庄河市的景观空间结构较简单，并且受人类的干扰程度小。普兰店市景观空间结构比庄河市和瓦房店市相对复杂，并且受人为干扰较大。

3.3 大连北三市生态环境质量比较分析

在现有土地利用景观格局影响下，瓦房店市、普兰店市和庄河市的生态环境指数分别为 1.16、0.63 和 1.23。可以看出，普兰店市旱地面积比例最大，为 45.5%，林地面积比例最小，为 33.9%，境内景观破碎化指数最高，为 0.0116，其生态环境质量指数最低；而庄河市林地面积比例最大，为 42.3%，且集中分布在北部山地，旱地面积比例最小，为 37.0%，景观破碎化指数最低，为 0.0075，其生态环境质量指数最高。由此表明，在大连北部地貌形态较为复杂的三个县级市，凡是旱地景观面积比例较大、林地景观面积比例较小、且景观破碎化程度较高、受人类干扰程度较大的区域，其生态环境状况较差。

4 结语

本文引用 2005 年土地利用矢量数据，对大连北部三个县级市的土地利用景观格局及其生态环境效应进行了比较分析，结果表明：大连北三市各类

表 2 大连北三市景观斑块指数

景观斑块类型	瓦房店市			普兰店市			庄河市		
	斑块数		斑块分离度 F	斑块数		斑块分离度 F	斑块数		斑块分离度 F
	NP/个	/%		NP/个	/%		NP/个	/%	
水田	18	0.56	0.435	159	4.89	0.224	117	4.10	0.126
旱地	277	8.60	0.034	161	4.96	0.026	253	8.86	0.035
林地	1519	47.14	0.081	1214	37.40	0.097	1182	41.40	0.066
草地	75	2.33	0.323	44	1.35	0.978	66	2.31	0.237
水域	39	1.21	0.341	71	2.19	0.294	100	3.50	0.305
滩涂	21	0.65	0.766	—	—	—	—	—	—
城乡用地	1267	39.32	0.200	1597	49.15	0.317	1134	39.71	0.327
沼泽	6	0.19	0.914	3	0.09	4.678	3	0.10	12.641

表3 大连北三市景观水平指数

研究区域	多样性指数	优势度指数	破碎化指数
瓦房店市	1.24	0.84	0.0089
普兰店市	1.27	0.68	0.0116
庄河市	1.32	0.63	0.0075

景观中,旱地、林地、城乡建设用地所占面积比例明显大于其它景观类型,北三市的基质景观均为旱地和林地。北三市中,庄河市的旱地和林地景观面积比例分别为37.0%和42.3%,林地面积比例相对较大,旱地面积比例较小,旱地和林地的斑块分离度分别为0.035和0.066,该区域景观破碎化指数最低,为0.0075,生态环境质量指数最高,为1.23;而普兰店市的旱地和林地景观面积比例分别为45.5%和33.9%,旱地面积比例相对较大,林地面积比例相对较小,旱地和林地的斑块分离度分别为0.026和0.097,该区域景观破碎化指数最

高,为0.0116,生态环境质量指数最低,为0.63。由此表明,大连北部三个县级市的林地面积比例及空间分布的连续性、以及土地利用景观破碎化程度对区域生态环境质量起着明显的主导作用。

参考文献:

- [1] 史培军,官鹏,李晓兵,等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-30.
- [2] 陆大道. 中国沿海地区21世纪持续发展 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1988: 649-678.
- [3] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容 [J]. 生态学报, 2002, 22 (7): 1135-1142.
- [4] Forman R T T, Godron M. Landscape ecology [M]. New York: John Willey and Sons, 1986.
- [5] 肖笃宁,李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望 [J]. 地理科学, 1997, 17 (4): 356-363.
- [6] 杨述河,闫海利,郭丽英. 北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应——以陕北榆林市为例 [J]. 地理科学进展, 2004, 23 (6): 49-55.

Landscape Pattern of Land-Use and Its Eco – environmental Effect in Three Northern Cities of Dalian

AI Xiao-rong¹, ZHANG Hua^{1,2}

(1. Liaoning Key Laboratory of Physical Geography and Geomatics, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning 116029 China)

Abstract: The three northern cities of Dalian, i. e. Wafangdian, Pulandian and Zhuanghe are taken as the study area in this paper. Based on the land use data of 2005, the land use landscape and its ecological effect of the three cities are analyzed against the landscape feature indexes with ecological significance. The impact of the landscape pattern on the eco-environment is revealed.

Key words: spatial landscape pattern; landscape features index; eco – environment effect; three northern cities of Dalian

香格里拉县农村生活饮用水 水质理化指标现状分析

杨海云¹, 王秋菊²

(1. 迪庆州监测站, 云南 香格里拉 674400;

2. 迪庆香格里拉县疾病预防控制中心, 云南 香格里拉 674400)

摘要:对香格里拉县建设的70个农村安全饮用水工程进行2008~2011年水质监测分析, 结果显示: 13项理化指标合格率低, 仅为33.06%; 肉眼可见物是农村饮用水工程水质的主要影响因素; 目前农村安全饮水工程未经任何处理, 直接供给居民饮用, 仅仅改变了过去的供水方式, 很难达到卫生学上的“安全饮水”。认为应选择合适的水源, 并保护水源。

关键词:农村; 生活饮用水; 理化指标; 现状分析; 香格里拉

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0105-03

农村饮用水的卫生安全直接关系到广大农民的身体健康, 影响着农村的稳定和经济发展。为了解香格里拉县农村生活饮用水水质的卫生状况, 保障农民饮用水安全卫生, 2008~2011年对建立的70个农村安全饮水工程水质进行连续4a的采样, 实验室对相关理化指标进行检测分析。

1 监测内容与方法

监测对象。2008~2011年分别于枯水期(3月)和丰水期(8月)每年各采样1次, 共采集香格里拉县农村饮用水水样1086份。其中枯水期水源水272份, 末梢水278份; 丰水期水源水268份, 末梢水268份。

采样及检测方法。按照GB/T5750-2006《生活饮用水标准检验方法》进行水样的采集、保存、运输和检测分析。

监测指标。色度、浑浊度、臭和味、pH值、总硬度、肉眼可见物、铁、锰、砷、氟化物、硝酸盐氮(以N计)、氯化物、硫酸盐、耗氧量、氨氮、硫酸盐。

评价标准。依据GB5749-2006《生活饮用水卫生标准》进行评价, 其中1项指标超标即判定为不合格。

统计分析。率的比较采用 χ^2 检验。

2 检测结果

2.1 水质检测总体情况

2008~2011年共检测水样1086份, 其中359份合格, 总合格率为33.06%, 详见表1。经统计学分析可见各年度合格率间差异有显著性差异($\chi^2 = 39.81, p < 0.005$)。

表1 2008~2011年香格里拉县农村生活饮用水水质合格率

年份	样品数	合格数	合格率/%
2008	282	56	19.86
2009	284	127	44.72
2010	240	82	34.17
2011	280	94	33.57
合计	1086	359	33.06

2.2 感官性状和一般化学指标检测情况

通过对13项感官性状和一般化学指标的检测结果表明, pH值、氯化物、硫酸盐、总硬度和溶解性总固体均未超标; 2008~2011年肉眼可见物的合格率分别是28.01%、46.83%、40.42%、100%; 色度合格率分别为84.40%、96.83%、90%、93.93%; 耗氧量合格率分别为84.40%、93.66%、88.33%、98.57%; 臭和味合格率分别为82.98%、100%、99.17%、100%; 浑浊度的合格率分别是76.60%、94.72%、82.50%、86.07%; 铁的合格率分别是92.55%、99.65%、100%、98.57%; 氨氮

的合格率分别是 85.46%、88.73%、97.92%、95.71%；锰的合格率分别是 95.74%、98.59%、85%、99.29%，详见表 2。

2.3 毒理学指标检测情况

通过对 3 项毒理学指标检测结果分析可知，砷和氟化物均未超标，2008~2011 年硝酸盐氮合格率分别为 78.36%、100%、100%、99.60%。2008 年合格率相对较低。

表 2 1086 份农村生活饮用水感官性状和一般化学指标合格率

项目	2008 年		2009 年		2010 年		2011 年	
	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%
色度	238	84.40	275	96.83	216	90.00	263	93.93
耗氧量	238	84.40	266	93.66	212	88.33	276	98.57
肉眼可见物	79	28.01	133	46.83	97	40.42	89	31.79
臭和味	234	82.98	284	100	238	99.17	280	100
浑浊度	216	76.60	269	94.72	198	82.50	241	86.07
氯化物	282	100	284	100	240	100	280	100
硫酸盐	282	100	284	100	240	100	280	100
总硬度	282	100	284	100	240	100	280	100
pH 值	282	100	284	100	240	100	280	100
溶解性总固体	282	100	284	100	240	100	280	100
氨氮	241	85.46	252	88.73	235	97.92	268	95.71
铁	261	92.55	283	99.65	240	100	276	98.57
锰	270	95.74	280	98.59	204	85	278	99.29

表 3 1086 份农村生活饮用水毒理学指标合格率

项目	2008 年		2009 年		2010 年		2011 年	
	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%
砷	282	100	284	100	240	100	280	100
氟化物	282	100	284	100	240	100	280	100
硝酸盐	221	78.36	284	100	240	100	279	99.69

2.4 不同水期水质检测情况

2008~2011 年共采集 1086 份水样，进行枯水期和丰水期水质合格率的统计，并做统计学有无显著性差异的分析，结果见表 4。同时分别做水源水和末梢水在枯水期和丰水期水质合格率的统计，并作统计学有无显著性差异的分析，结果见表 5、表 6。

表 4 的统计结果， χ^2 检验 ($\chi^2 = 18.34, p < 0.005$) 差异有显著性，说明枯水期水质合格率明显高于丰水期，有统计学意义。表 5 统计结果， χ^2 检验 ($\chi^2 = 9.27, p < 0.005$) 差异有显著性，表明水源水在枯水期合格率高于丰水期合格率，有统计学意义。表 6 统计结果， χ^2 检验 ($\chi^2 = 9.030, p < 0.005$) 差异有显著性，表明末梢水合格率在枯水期高于丰水期合格率，有统计学意义。

由表 4、表 5、表 6 的统计结果，可以看出 2008~2011 年 1086 份水样按照枯水期和丰水期两期采样分析，枯水期水样水质合格率高于丰水期，而从表 5、表 6 看水源水的合格率在枯水期和丰水期都相对低于末梢水，但是通过 χ^2 检验 ($\chi^2 = 1.839, p > 0.05$)，差异无显著性。

3 结论

(1) 香格里拉县农村饮用水工程以地下水为水源水，13 项理化指标合格率低，仅为 33.06%；

(2) 肉眼可见物是农村饮用水工程水质的主要影响因素；

(3) 目前农村安全饮水工程未经任何处理，直接供给居民饮用，仅仅改变了过去的供水方式，很难达到卫生学上的“安全饮水”。

表4 2008~2011年农村生活饮用水枯水期与丰水期水质合格率

年份	枯水期			丰水期		
	样品数	合格数	合格率/%	样品数	合格数	合格率/%
2008	148	26	17.56	134	30	22.39
2009	142	78	54.93	142	49	34.51
2010	120	62	51.67	120	20	16.67
2011	140	49	35.00	140	45	32.14
合计	550	215	39.09	536	144	26.87

表5 2008~2011年农村生活饮用水水源水在枯水期与丰水期水质合格率

年份	枯水期			丰水期		
	样品数	合格数	合格率/%	样品数	合格数	合格率/%
2008	71	9	12.68	67	14	20.90
2009	71	41	57.75	71	24	33.80
2010	60	30	50.00	60	11	18.33
2011	70	21	30.00	70	18	25.71
合计	272	101	37.13	268	67	25.00

表6 2008~2011年农村饮用水末梢水枯水期与丰水期水质合格率

年份	枯水期			丰水期		
	样品数	合格数	合格率/%	样品数	合格数	合格率/%
2008	77	17	22.08	67	16	23.88
2009	71	37	52.11	71	25	35.21
2010	60	32	53.33	60	9	15.00
2011	70	28	40.00	70	27	38.57
合计	278	114	41.00	268	77	28.73

4 讨论

(1) 农村饮用水安全工程水质合格率低。农村饮用水工程项目建设过程中没有充分考虑卫生安全要求,水源未设置防护区,部分工程无围护结构,水池无顶无盖无人管理。导致理化指标中肉眼可见物超标严重。

(2) 应选择适合的水源。选择合适水源是保证农村饮水安全的前提。农村饮水改水工程的开展,在水源的选择上应考虑当地农业的发展现状和今后人口增长及经济发展的需要,以安全卫生的原则,加强饮水工程的管理,促使农村饮水工程走上正常轨道。

(3) 保护水源。应重视对农民饮水安全知识教育。保护水源是保证农村饮水安全的长效机制,

应加大宣传力度,提高农民的饮水卫生知识,改善不良生活方式和卫生习惯,规范农村生活垃圾及生活污水的处理,防止生产和生活污水进入水源,使农民养成爱护水源、保护水源的良好习惯。

总之,农村饮水安全需要多部门的协调和努力,才能使农村饮水工程真正造福人民,保证饮水安全,促进社会和谐发展。

参考文献:

- [1] GB/T5750-2006,生活饮用水标准检验方法[S].
- [2] GB5749-2006,生活饮用水卫生标准[S].
- [3] 马燕.卫生统计学[M].北京:人民卫生出版社,2001.
- [4] 刘韧,廖传新,李艳飞.柳州市2008-2010年农村生活饮用水水质卫生状况分析[J].中外健康文摘,2011,(20).

(下转第116页)

营口地表水资源质量现状分析

李耀伟¹, 王 林²

(1. 辽宁省水文水资源勘测局营口分局, 辽宁 营口 115003;

2. 辽宁省水文水资源勘测局辽阳分局, 辽宁 辽阳 111000)

摘要: 分析了营口市水资源质量现状, 通过评价结果可以看出: 营口地表水资源质量现状不容乐观, 尤其是城市河段污染严重; 季节变化明显, 丰水期水质好于枯水期。提出了对策。

关键词: 水资源; 质量; 分析; 营口

中图分类号: X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0108-03

1 营口概况

1.1 地理位置

营口市是辽宁省管辖的地级市, 是全国重点沿海开放城市, 位于辽东半岛西北部, 东经 122°12', 北纬 40°41'。营口市距离辽宁省省会城市沈阳市 179km; 南同“北方明珠”大连市接壤, 距离 220km; 东北与中国“钢都”鞍山市相依; 东与中国最大的边境城市丹东市毗邻; 北与辽河油田属地盘锦市隔河相望, 区域位置十分优越。营口市地势自东南向西北倾斜, 自然形成低山、丘陵、平原三种地貌类型。东西宽 50.7km, 南北长 111.8km, 总面积 5401.8km², 海岸线长 96km, 近海滩涂 1.07 万 hm²。中国八大水系之一的大辽河从这里注入渤海。

1.2 水资源状况

营口市年平均降水量 704mm, 径流深 241mm, 地下水资源主要分布在盖州大清河、熊岳河流域和大石桥周围的下辽河冲积扇, 八里河、海城河冲积扇。地下水资源 5.16 亿 m³。营口人均占有水资源量仅为 463m³, 是严重缺水的城市。

营口境内有大型河流 1 条 (大辽河), 中型河流 5 条 (大清河、碧流河、熊岳河、复渡河、沙河)。营口市水资源分布特点是: 东南山丘地区多, 西北平原少。大辽河水有污染, 市内地下大部分是咸水。全市可开发利用的水资源主要依靠现有的水利工程, 其中大型水库 2 座 (石门水库、玉石水库), 中型水库 2 座 (三道岭水库、周家水库) 及数十座小型水库。营口城市供水主要依靠上述大中型水利工程及提取大清河流域的地下水。

2 水资源质量现状分析

2.1 水质监测现状

营口水环境监测分中心是国家计量认证合格单位, 负责对营口 11 个国家重点水功能区进行监测, 一年监测 12 次, 在每月月初进行。11 个监测断面的分布情况见表 1。

2.2 水质评价方法

1965 年, Jacobs 提出水体质量评价的水质指数 (WQI) 概念和公式, 标志着水质现状评价工作的开始^[1]。随着对水质评价的重视, 国内外不断有文献讨论水质评价的方法。但至今仍缺乏统一的、公认的评价模式。

水质标识指数法是一种全新的水质评价方法, 包括单因子水质标识指数法^[2]和综合水质标识指数法^[3]。评价结果可以说明水质的达标情况, 还可以反映水环境整治取得的成效; 水质标识指数法克服了目前常用的一些评价方法的不足, 是一种较好的河流水质评价方法。计算方法简单, 分析结果直观, 评价结论合理。因此, 在我国河流水质评价中推广应用, 以提高水环境管理水平, 进一步推进水污染治理工作。

2.2.1 单因子水质标识指数法

单因子水质标识指数法既能直观表达水质类别, 又能直接反映达标情况; 既能做定性评价, 又能进行定量评估; 既可以比较水质类别, 也可以在同一类别中比较水质好坏; 既可以在国家标准规定的五类水中进行比较, 也可以在水质劣 V 类的情況下比较污染的严重程度。

单因子水质标识指数法 P_i 由一位整数, 一个小数点, 小数点后两位或三位有效数字组成。其行式为:

表1 重点水功能区水质监测断面分布

序号	控制断面	河流	功能	流域	水质目标
1	营口水位站	大辽河	排污控制区	太子河及大辽河干流	*
2	永远角	大辽河	缓冲区	太子河及大辽河干流	IV
3	玉石水库	碧流河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
4	高屯	碧流河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
5	熊岳	熊岳河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
6	高速公路桥	熊岳河	排污控制区	沿黄渤海东部诸河	*
7	石门水库	大清河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
8	铁路桥	大清河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
9	西海拦河闸	大清河	排污控制区	沿黄渤海东部诸河	*
10	周家水库	大清河北支	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II
11	三道岭水库	石柱河	饮用水源区	沿黄渤海东部诸河	II

$$P_i = X_1 \cdot X_2 X_3 \quad (1)$$

式中： X_1 代表第 i 项水质指标的水质类别； X_2 代表监测数据在 X_1 类水质标准下限值与 X_1 类水质标准上限值变化区间中所处的位置，按照四舍五入的原则计算确定； X_3 代表水质类别与功能区划设定类别比的比较结果，视评价指标的污染程度，为一位或两位有效数字。具体计算方法可参考文献^[2]。

2.2.2 综合水质标识指数法

综合水质标识指数法是在单因子水质标识指数法的基础上，在全面分析各类型水质指标污染状况的基础上，选取有代表性的重点污染因子，结合各水体的功能区标准，通过计算，用一个综合系数即水质标识指数来反映河流水质状况。综合水质标识指数的特点是以一组有机污染指标和富营养化指标综合评价河流水质。既结合了国家标准规定的水质类别比较，又考虑了水质污染程度的比较，可以对河道综合水质进行定性评价和定量评价，还可以对劣 V 类的河流进行水质评价，并判别河流水体是否黑臭。

综合水质标识指数是由单因子水质标识指数总和的平均值 ($Palm$)、代表水质类别与功能区划设定类别比较结果 (X_3)、参加整体水质评价的指标中劣于功能区标准的水质指标个数 (X_4) 组成，其公式为：

$$WQI = (\sum P_i/n) X_3 X_4 \quad (2)$$

式中： $(\sum P_i/n)$ —单因子水质标识指数法总和的平均值；

n —参加水质评价因子个数；

X_3 —水质类别与功能区划设定类别比较结果；

X_4 —参加整体评价的水质指标，劣于功能区标准的水质指标个数，通过参评的单因子标识指数 P_i 中的 X_3 不为 0 的个数来确定。具体计算方法及意义可参考文献 [3]。

2.3 主要水质评价指标的选择

影响我国城市河流水质主要污染指标有两类：一是有机污染指标，包括溶解氧、氨氮、高锰酸盐指数、五日生化需氧量；二是富营养指标（总磷和总氮）基本超标。因此，本文主要选取以上指标进行评价。

2.4 评价结果

通过对各站各月的水质监测数据进行计算，得到每个月的水质综合标识指数见表 2。

从评价结果中不难看出，污染较轻或不受污染的河流、水库综合水质标识指数变化不大，水质级别比较稳定。对于污染较重的河流断面变化比较明显，丰水期水质一般好于枯水期，且在丰水期到来之前水质会有所变差，主要是雨水的冲刷带来的面源污染造成的；之后水质会逐渐好转，到丰水期结束，由于河流水量减少，水质又会变差，主要是流经城市的河段接受了未被处理的废污水造成的。

3 结论及对策

营口市地表水水资源质量尤其是流经城市的河段污染依然较重，且年内变化明显，不仅受到点源污染，面源污染也不可轻视。

在治理水污染问题的同时，要加快城市污水处理厂建设与运行，不断提高废污水的处理能力；积极推行面源污染治理，提高农业科学水平，处理河

道两岸的固体垃圾，恢复、重建滨岸带生态系统，连成一体，以保证生态流、物流、能流的顺利进行，使滨岸具有很强的“渗透性”，让水体、岸边土壤进行，恢复河岸的生态系统。

表2 各站各月综合水质标识指数

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
营口水位站				5.3	5.1	4.6	4.7	4.9	4.2	4.5	4.5	
永远角				6.125	5.313	4.502	4.603	4.703	4.101	4.02	3.701	
玉石水库	2.801	2.601	2.401	2.701	2.801	2.301	2.701	2.401	2.901	3.002	2.901	2.601
高屯	1.300	1.300	1.700	1.400	1.500	1.400	1.700	1.900	1.800	1.800	2.001	1.700
熊岳	1.800	1.500	2.000	2.302	2.302	2.801	2.602	2.401	2.100	2.702	2.702	2.000
高速公路桥	3.7	4.2	3.7	5.6	7.0	4.0	3.8	2.9	2.7	3.9	5.4	5.6
石门水库	3.412	2.600	2.500	2.800	2.700	2.900	2.800	3.000	2.902	2.900	2.800	2.800
铁路桥	4.823	5.333	5.633	7.153	5.533	5.234	4.924	5.033	3.112	4.323	4.523	6.443
西海拦河闸	5.4	5.8	8.2	7.3	6.5	5.5	5.0	4.6	4.8	5.4	5.4	7.6
周家水库	3.001	3.001	2.301	3.001	2.901	3.313	2.902	2.702	3.613	3.613	3.212	2.902
三道岭水库	4.024	3.111	2.701	3.213	3.213	3.212	3.213	2.602	3.313	3.313	3.213	3.213

表3 各站各月综合水质级别

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
营口水位站				V	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	
永远角				劣V	V	IV	IV	IV	IV	III	III	
玉石水库	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
高屯	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
熊岳	I	I	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II
高速公路桥	III	IV	III	V	劣V	III	III	II	II	III	V	V
石门水库	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
铁路桥	IV	V	V	劣V	V	V	IV	IV	III	IV	IV	劣V
西海拦河闸	V	V	劣V	劣V	劣V	V	IV	IV	IV	V	V	劣V
周家水库	II	II	II	II	II	III	II	II	III	III	III	II
三道岭水库	III	III	II	III	III	III	III	II	III	III	III	III

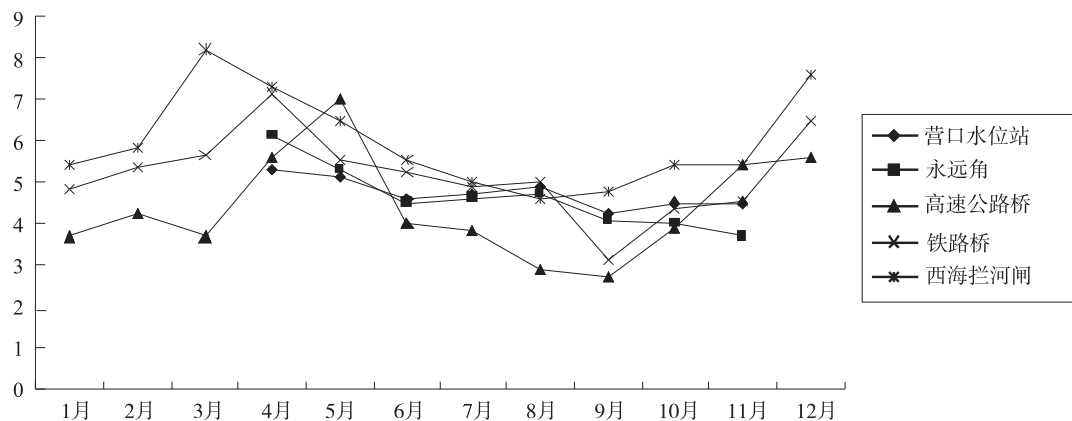


图1 污染较重的监测断面综合水质变化过程

参考文献:

[1] Jacobs. H. L et al. Water quality criteria [J]. Journal of water Pollution Control Federation, 1965.

[2] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数法评价方法研究 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2005, 33 (3): 321-325.

[3] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数法评价方法研究 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2005, 33 (4): 382-388.

(下转第113页)

哈希多参数水质监测仪 DS5X 在大宁河白水河段藻类研究的应用

万丹, 吴光应, 洪尚波, 邹莉
(巫山县环境监测站, 重庆 巫山 404700)

摘要: 采用哈希多参数水质监测仪 DS5X 选取大宁河白水河段进行垂直水柱藻类密度、水温、pH 值、叶绿素 a 进行监测, 发现藻类在水中随水深呈垂直分布且有减弱趋势, 结果表明: 水下 5.0m 以上藻类密度基本能反应水体中藻类的生长情况, 藻类在水体中沉降, 附着于底泥进入休眠、复苏阶段; 蓝绿藻与水温、pH 值、叶绿素 a 呈显著正相关关系。

关键词: DS 5X; 水质监测; 藻类研究; 大宁河

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0111-03

大宁河是我国长江一级支流, 且位于三峡库区腹心地段, 库区蓄水后, 河面变宽, 水深加大, 水流显著变缓。随着经济发展和人口增长, 污染物排放增加, 致使水体中营养物质浓度升高, 大宁河水环境面临严峻形势^[1], 春夏季频频发生藻类水华。为了及时了解藻类变化情况, 为预防和控制藻类水华提供科学依据, 巫山县环境监测站购置哈希多参数水质监测仪 DS5X 选取大宁河白水河段开展藻类密度监测。试图根据监测数据分析藻类水柱中分布状况及其与水温、pH 值、叶绿素 a 的相关关系, 为防治库区藻类水华提供参考。

1 材料与方法

1.1 哈希多参数水质监测仪 DS5X 监测原理

蓝绿藻是一种含有叶绿素 a, 具有放氧性光合作用的原核微生物, 具有特有的辅助色素: 藻胆素。藻胆素与蛋白质以共价键结合为藻胆蛋白。存在于淡水中的蓝细菌种类吸收橙黄光 (615 ~ 620nm) 生成藻蓝蛋白, 通过荧光对蓝绿藻照射后, 藻胆素被激发, 藻胆素光合作用能量以热量和荧光释放被光检测器检测到 [藻蓝蛋白 (phycocyanin): 640 ~ 680 nm 处透过量化荧光信号计量蓝绿藻浓度]^[2]。

1.2 哈希多参数水质监测仪 DS5X 构造与操作方法 (图 1)

2 结果与分析

2.1 监测结果

监测从 2009 年 6 月开始, 选取大宁河白水河

段多个断面开展水柱藻类监测, 在不同水深 (距水面 0m、1.0m, 然后依次间隔 1m 直到水底) 用哈希水质多参数监测仪对藻类密度、水温、pH 值、叶绿素 a 进行监测, 积累了大量监测数据。其中选取 2009 年 6 月 22 日白水河段两个典型断面的数据, 结果如图 2 所示。

由于蓝绿藻的生长与水华的形成可以分为休眠、复苏、生物量增加、上浮和积聚形成水华等 4 个主要的阶段, 不同时期的蓝绿藻处于水中不同的深度, 这就形成了蓝绿藻在水中呈垂直分布。从监测图中可以看到, 由于藻类在水表面聚集, 藻类密度明显高于水下藻类密度, 在水下 5.0m 左右趋于平稳, 到接近水底略有上升, 因此, 推测水下 5.0m 以上藻类密度基本能反应水体中藻类的生长情况, 藻类在水体中沉降, 附着于底泥进入休眠、复苏阶段。

2.2 各因子相关关系分析

分析藻密度与水深、水温、pH、叶绿素 a 等相关因子的相关关系, 分析结果见表 1, 藻密度与水温、pH、叶绿素 a 呈显著正相关关系, 表明在适合的环境条件下, 藻类密度越大, 叶绿素 a 含量越高。藻密度与水深, 以及水深与水温、pH、叶绿素 a 呈显著负相关关系, 进一步验证不同时期的蓝绿藻, 处于水中不同的深度形成的藻类在水中呈垂直分布且有减弱趋势。

3 小结

在白水河段开展水柱藻类密度监测, 结果表明: 在水深 5.0m 以上对藻类密度监测的数据最能反映水体中藻类密度的实际情况。藻密度与水温、

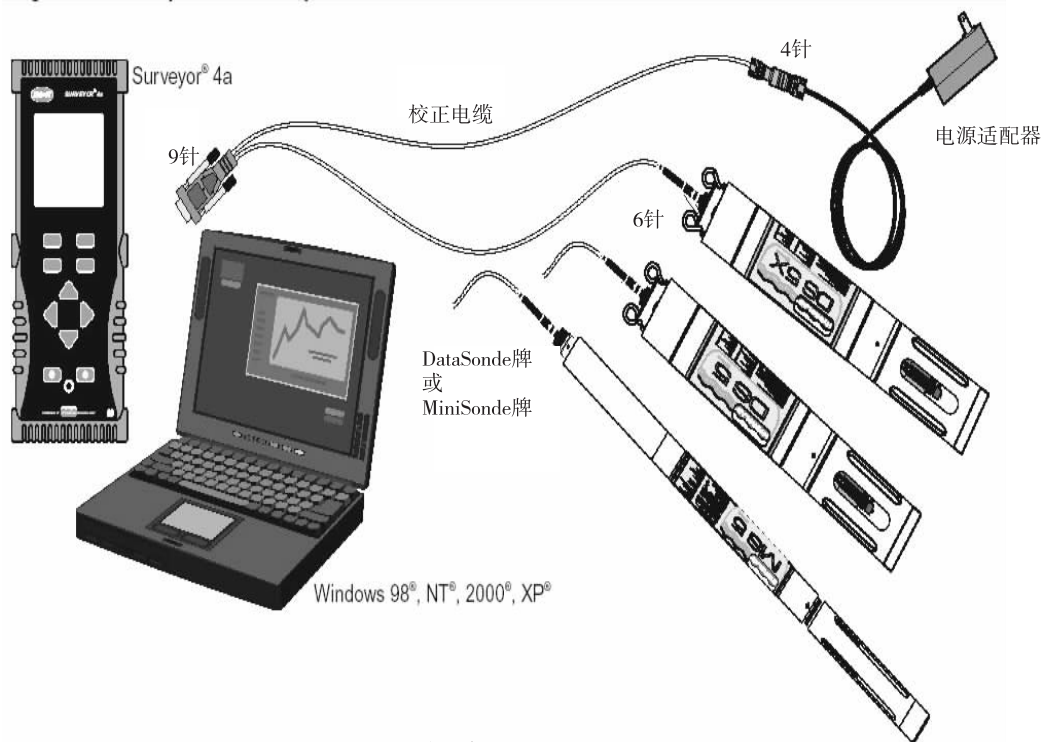


图1 哈希多参数水质监测仪

表1 各监测指标相关关系分析统计表

监测指标	水深	水温 1	pH1	叶绿素 a1	水温 2	pH2	叶绿素 a2	蓝绿藻密度 1
水深								
水温 1	-.860 **							
pH1	-.314 *	.734 **						
叶绿素 a1	-.481 **	.681 **	.707 **					
水温 2	-.848 **	.992 **	.764 **	.716 **				
pH2	-.100	.565 **	.958 **	.659 **	.591 **			
叶绿素 a2	-.574 **	.862 **	.897 **	.829 **	.878 **	.833 **		
蓝绿藻密度 1	-.466 **	.746 **	.872 **	.943 **	.792 **	.825 **	.912 **	
蓝绿藻密度 2	-.429 **	.747 **	.858 **	.812 **	.755 **	.821 **	.918 **	.930 **

**表示显著水平为0.01（双尾检验），*表示显著水平为0.05（双尾检验）。

pH、叶绿素 a 呈显著正相关关系，与水深呈显著负相关关系。

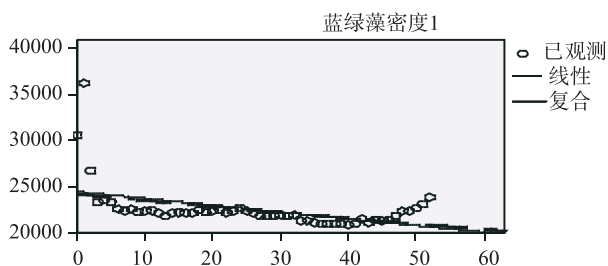


图2 断面1的水深与蓝绿藻密度分布图

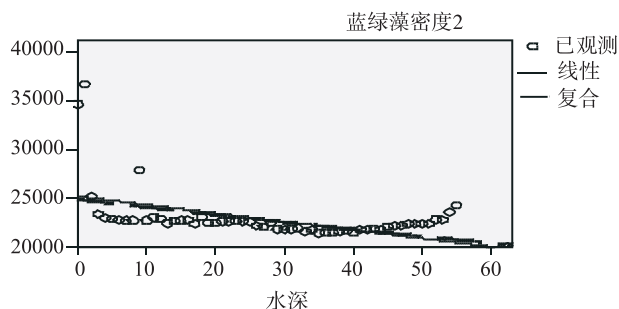


图3 断面2的水深与蓝绿藻密度分布图

哈希多参数水质监测仪 DS5X 在监测中具有操作简单、方便携带、快速分析、精确度高等优点，同时也有不足，监测时因水的浮力，仪器容易漂

移, 难以准确定位水深等。

参考文献:

[1] 胡建林, 刘国祥, 蔡庆华, 等. 三峡库区重庆段主要支流春

季浮游植物调查 [J]. 水生生物学报, 2006, 30 (1).

[2] 过伟, 王晔, 王洁尘. YSI6600 型多参数水质监测仪在太湖藻类监测中的应用 [J]. 甘肃科技, 2008, 24 (23).

Application of Hydrolad DS5X in Algae Research in Baishui Section of Daning River

WAN Dan, WU Guang-ying, HONG Shang-bo, ZOU Li

(Wushan County Environmental Monitoring Station, Wushan Chongqing 404700 China)

Abstract: The Hydrolad DS5X is used to monitor the vertical algae density, the water temperature, pH value, Chlorophyll A in Baishui section of Daning River. We find that the vertical distribution of algae is weakening with the depth of the water. The algae density with depth of above 5.0 m in the water could generally reflect the growth of the algae. They settle down on the sediment, and go through the dormancy and recovery. There is a remarkable positive correlation between the blue-green algae and the water temperature, pH value and Chlorophyll A.

Key words: DS5X; water quality monitoring; algae research; Daning River

(上接第 110 页)

An Analysis of Surface Water Resources Quality in Yingkou

LI Yao-wei¹, WANG Lin²

(1. Yingkou Division of Liaoning Hydrology and Water Resources Survey
Bureau, Yingkou Liaoning 115003 China)

Abstract: The analysis and assessment of the water resources quality in Yingkou City show that the current water quality is worrying, and the urban parts of the rivers are seriously polluted. There is an obvious seasonal change of the water quality, the water quality in the rainy season is better than that of the dry season. The countermeasures are proposed.

Key words: water resources; quality; analysis; Yingkou

甲醛吸收——副玫瑰苯胺光度法测定环境空气中二氧化硫试剂对空白吸光度的影响分析

赵 洲

(曲靖市环境监测站, 云南 曲靖 655000)

摘 要: 通过实验分析试剂对甲醛吸收——副玫瑰苯胺光度法测定环境空气中二氧化硫的试剂空白吸光度的影响, 提出整个测试过程中应注意的问题, 以保证空白吸光度达到 HJ482-2009 标准规定的要求, 减少分析误差提高测试准确性。

关键词: 二氧化硫; 空气; 试剂; 空白; 影响

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0114-03

测定环境空气中二氧化硫的方法一般有甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法(简称甲醛法)、四氯汞钾溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法(简称四氯汞钾法)以及定电位电解法, 目前多采用甲醛法。在采用甲醛法测定环境空气中二氧化硫的实验中, 空白吸光度 A_0 的大小对实验的成败起决定性作用。在实际操作中影响测试结果的因素较多, 笔者结合工作实践, 就试剂对空白吸光度的影响进行分析研究, 提出测定中应注意之处以供大家参考。

1 方法原理

二氧化硫被甲醛缓冲溶液吸收后, 生成稳定的羟甲基磺酸加成化合物。在样品溶液中加入氢氧化钠使加成化合物分解, 释放出二氧化硫与副玫瑰苯胺、甲醛作用, 生成紫红色化合物, 用分光光度计在 577nm 处进行测定。

分析方法、试剂、仪器参见 HJ482-2009《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收——副玫瑰苯胺光度法》标准规定。

2 实验方法

甲醛法分析中主要涉及 4 个试剂: 1.5mol/L 氢氧化钠溶液、6g/L 氨基磺酸钠溶液、副玫瑰苯胺溶液及甲醛缓冲吸收液。在吸收液不变的情况下, 分析前 3 个试剂对空白吸光度的影响。3 个试剂各选取 2 份不同厂家生产的或者相同厂家不同批次生产的试剂进行对比分析。试剂选取如表 1 所示。

根据试剂分 4 组进行试验, 分组方式见表 2。

在相同实验条件下(气温 20℃), 分别测试 4 组空白, 每组测试 6 个空白, 同时分别用 2 组试剂在二氧化硫标准使用液相同的情况下绘制校准曲线。将空白吸光度、校准曲线斜率、截距按 HJ482-2009 标准规定进行比较。为减少取样误差, 相同试剂用同一支移液管吸取, HJ482-2009 标准规定见表 3。

在给定条件下, 校准曲线斜率应为 0.042 ± 0.004 , 试剂空白吸光度在显色规定条件下波动范围不超过 $\pm 15\%$ 。

试剂配制时间: 甲醛缓冲吸收液、氨基磺酸钠、氢氧化钠当天配制, 二氧化硫标准使用液实验当天用甲醛缓冲吸收液稀释储备液(100 $\mu\text{g}/\text{ml}$)配制。副玫瑰苯胺试剂实验前一天配制, 使用的盐酸、磷酸均为同一瓶试剂。实验用水为新制备的蒸馏水, 所有试剂均为分析纯。

3 分析结果

测试 4 组空白, 空白吸光度见表 4, 校准曲线见表 5。

4 结果分析

从表 4 可看出: 采用相同的试剂空白, 相同的实验条件(20℃)、不同的试剂情况下, I、II、III 组的空白吸光度均满足气温 20℃ 时空白吸光度为 $0.040 \pm 15\%$ (0.034~0.046) 的要求; IV 组的空白吸光度低于允许值下限 0.034。I、II、III 组的空白吸光度相差不大, IV 组的空白吸光度与前 3 组相比有差异。空白吸光度采用 Grubbs 检验法检验最大值、最小值是否是异常值。

取验出水平 $\alpha = 0.05$ (1.463)。

表1 试剂选取情况表

试剂名称	第1组	第2组
氢氧化钠	天津市风船化学试剂科技有限公司 (1组2009年生产、2组2010年生产)	
氨磺酸	上海试剂二厂 (生产年份较长)	湖南湘中化学试剂开发中心
副玫瑰苯胺	天津市化学试剂研究所 (1组生产批号110628、2组生产批号091208)	

表2 试剂分组情况表

序号	氢氧化钠	氨磺酸	副玫瑰苯胺
I	第1组试剂	第1组试剂	第1组试剂
II	第2组试剂	第1组试剂	第1组试剂
III	第1组试剂	第2组试剂	第1组试剂
IV	第1组试剂	第1组试剂	第2组试剂

表3 显色温度与显色时间

显色温度 /°C	显色时间 /min	稳定时间 /min	试剂空白吸光度
10	40	35	0.030
15	25	25	0.035
20	20	20	0.040
25	15	15	0.050
30	5	10	0.060

表4 空白吸光度 (A₀) 测试结果

序号	1	2	3	4	5	6	平均
I	0.039	0.042	0.040	0.039	0.039	0.041	0.0405
II	0.041	0.039	0.041	0.041	0.041	0.040	0.0405
III	0.041	0.039	0.041	0.042	0.041	0.041	0.0408
IV	0.030	0.033	0.033	0.033	0.033	0.032	0.0323

表5 校准曲线表

序号	0	1	2	3	4	5	6
二氧化硫含量 / $\mu\text{g} \cdot 10 \text{ ml}^{-1}$	0.00	0.50	1.00	2.00	5.00	8.00	10.0
I 吸光度 (A)	0.039	0.060	0.077	0.128	0.260	0.378	0.469
I 校准曲线	$y = 0.04296x - 0.00007; r = 0.9997$						
II 吸光度 (A)	0.032	0.048	0.068	0.110	0.253	0.377	0.438
II 校准曲线	$y = 0.04209x - 0.0019; r = 0.9986$						

根据计算: $\bar{x} = 0.0385$ $s = 0.00415$ $n = 4$
 $x_1 = 0.0323$ $x_4 = 0.0408$ 。

$G_1 = (\bar{x} - x_1) / s = 1.494$,
 当 $n = 4$ 时, $G_{0.95(4)} = 1.463$,
 因 $G_1 > G_{0.95(4)}$, 故判断 x_1 为异常值。

$$G_4 = (x_4 - \bar{x}) / s = 0.554,$$

因 $G_4 < G_{0.95(4)}$, 故判断 x_4 为正常值。

从分析试剂使用情况看: I、II、III组使用的氨磺酸钠、氢氧化钠各有不同, 但副玫瑰苯胺试剂相同。I、II、III组的空白吸光度相差不大, 说明相同实验条件下, 用不同厂家或相同厂家不同生产时期的氨磺酸钠、氢氧化钠试剂分析空气中二氧化硫, 对试剂空白吸光度影响不明显。

IV组与其它3组使用的副玫瑰苯胺试剂不同, 其试剂空白平均值采用 Grubbs 检验法检验, 差异明显, 说明相同实验条件下, 副玫瑰苯胺试剂对该项目的试剂空白吸光度影响较明显。这点从 I组与IV组的空白吸光度中也可以看出, I组、IV组使用的氨磺酸钠、氢氧化钠试剂相同, 但副玫瑰苯胺试剂不同, I组试剂空白吸光度均值为0.0405, IV组的为0.0323, 平均偏差为11.3%, 差异明显。

从表5可看出, 相同的二氧化硫标准使用液, 使用不同批次或厂家生产的试剂, 其校准曲线能达到标准规定的斜率要求, 但II曲线的相关性没有I曲线的好。说明副玫瑰苯胺试剂对标准曲线的绘制有一定的影响。

采用甲醛吸收—副玫瑰苯胺光度法测定环境空气中二氧化硫时, 试剂空白吸光度 A_0 的大小对实验的成败起决定性作用。如果空白吸光度 A_0 波动范围超过在显色规定条件下空白吸光度值的 $\pm 15\%$, 则表明此次实验已经失败, 所得数据不可靠。这就要重新对实验用药品及实验过程与显色温度、显色时间进行检验分析, 找出引起空白吸光度 A_0 偏离正常值范围的原因, 重新实验。根据上述实验分析, 出现空白吸光度 A_0 偏离正常值范围时, 在排除实验过程、显色温度、显色时间的影响因素后, 首先要考虑的是副玫瑰苯胺对空白吸光度的影响, 可按照 HJ482 - 2009 标准附录 A 的方法检验其纯度是否达到要求。

5 结论

实验表明, 在相同的实验条件下, 采用甲醛吸收—副玫瑰苯胺光度法测定环境空气中二氧化硫时, 副玫瑰苯胺试剂对空白吸光度影响比氢氧化

钠、亚硫酸钠明显。

参考文献:

[1] 国家环保总局. 空气和废气监测分析方法 (第4版) [M]. 北

京: 中国环境科学出版社, 2003.

[2] HJ482-2009, 环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收—副玫瑰苯胺光度法 [S].

Absorption of Formaldehyde – Impact of SO₂ Reagent on Blank Absorbance in Air Quality Detection by Pararosaniline Hydrochloride

ZHAO Zhou

(Qujing Environmental Monitoring Station, Qujing Yunnan 655000 China)

Abstract: The experimental analysis is conducted to see the absorption of formaldehyde – impact of SO₂ reagent on blank absorbance in air quality detection by pararosaniline hydrochloride. The major issues are pointed out for the whole process of detection, in order to keep the blank absorbance be in compliance with the requirement of HJ482 – 2009 and to guarantee its accuracy by minimizing the analysis error.

Key words: sulfur dioxide; air; reagent; blank; impact

~~~~~  
(上接第 107 页)

## An Analysis of Physical and Chemical Indexes of Rural Drinking Water in Shangri-La County

YANG Hai-yun<sup>1</sup>, WANG Qiu-ju<sup>2</sup>

(1. Diqing Prefectural Environmental Monitoring Station, Shangri-la Yunnan 674400 China)

**Abstract:** The monitoring and analysis of the water quality of the 70 rural safe drinking water works in Shangri-la County from 2008 to 2011 show that only 33.06% of the indexes is in compliance. The water quality is mainly affected by the discernable matters with the naked eyes. At present, the drinking water is used by the local residents without any treatment. The change of the water supply method alone could not make the drinking water safe in sanitary terms. The source water should be properly selected and protected.

**Key words:** rural; drinking water; physical and chemical indexes; analysis of current situation; Shangri-la

# 地表水自动监测预警系统验收应注意的问题

陆锦标

(启东市环境监测站, 江苏 启东 226200)

**摘要:**以汇龙地面水厂水质自动监测预警系统为例,提出了水质自动监测预警系统验收中应注意的问题。指出,应在做好预验收工作的基础上,采用性能测试、对比试验、标准溶液核查等技术手段对系统考核验收。

**关键词:**自动监测系统;验收;问题

**中图分类号:**X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9655(2013)01-0107-03

为保证环境水质自动监测预警系统(以下简称水站)建设的工程质量和技术质量,确保水站正常运行,依据《江苏省环境水质(地表水)自动监测预警系统验收办法(试行)》(以下简称验收办法)和有关的水质自动分析仪技术要求 HJ/T96(pH)、HJ/T97(电导率)、HJ/T98(浊度)、HJ/T99(溶解氧)、HJ/T100(高锰酸盐指数)、HJ/T101(氨氮)、HJ/T104(总有机碳)(以下简称技术要求),系统经过90d试运行,在预验收的基础上,启东市环境监测站对汇龙地面水厂水质自动监测站水站及所有仪器,采用性能测试、对比试验、标准溶液核查等技术手段,对监测系统的稳定性、可靠性及监测仪器的准确性进行了考核验收,对验收过程中应关注的问题作出说明,并提出具体的解决办法。

## 1 监测系统概况

汇龙地面水厂水质自动监测站点,水站站房设在启东市汇龙地面水厂取水口,水站远程控制中心设在启东市环境监测站。该系统以监控汇龙地面水厂集中式饮用水源地水质为目的,其主要监测项目为水温、pH、电导率、溶解氧、浊度、高锰酸盐指数、酚、总有机碳和氨氮。

## 2 做好预验收工作是系统验收的前提和基础

预验收是正式验收的前提和基础,主要包括:

(1)货物的检验与验收。集成商托运设备到达后,监测站负责到货仪器的托收与保管,应注意的问题是:对仪器设备及零配件数量按合同清单核查无误,填写好仪器设备到货验收单,认真检查仪器

设备机箱外表面有无裂纹、变形、毛刺、腐蚀、生锈、脱落及磨损现象,如有上述现象,应在验收单上注明,必要时拍摄照片或视频资料,验收单由集成商和监测站人员签字,加盖双方单位公章后存档。设备经验收后至安装前,仪器设备由监测站负责保管,应按照集成商要求,做好防潮、防腐蚀、防偷盗工作,确保设备安全。

(2)站房验收。验收的主要内容为站房电路、气路、取水、配水管路安装是否合理,是否满足仪器集成商设计要求,是否符合安全性要求,是否便于校准、维护、维修。电、气、水预埋部分要有平面图,并及时存档,便于维护维修。

(3)安装调试工程质量验收。安装调试工程质量验收的重点为:采水单元中采水构筑物、泵、管道、清洗装置、保温装置,配水单元中流量压力调节、预处理及系统清洗,是否达到规定的技术要求。检测单元安装调试是否和合同或标书一致,能否做到结构合理、性能稳定、运行可靠、便于维护、无二次污染。数据采集和控制单元中的系统控制、数采与贮存、远程通信是否满足技术要求。

## 3 试运行期间应做好的验收工作

水站安装完毕,经预验收合格后,进入试运行阶段。试运行阶段应对仪器基本功能、系统基本功能进行核查。

### 3.1 采水单元核查

主要核查双泵自动故障诊断、切换泵功能,按时间间歇采水功能、采水头自动升降功能、定时清洗防藻功能;配水单元中常规五参数使用未经预处理配水、流量和压力调节功能、预沉淀功能、清洗除藻功能,以上这些功能需达到招标文件或相关技术要求规定的范围。

收稿日期:2012-05-09

作者简介:陆锦标(1965-),男,江苏启东人,大专学历,工程师,从事环境监测工作。

表1 检测单元(5参数)检查结果表

| 项目    | pH     |         | 溶解氧      |          | 电导率    |       |
|-------|--------|---------|----------|----------|--------|-------|
|       | 规范要求   | 测试情况    | 规范要求     | 测试情况     | 规范要求   | 测试情况  |
| 重复性误差 | ±0.1pH | 0.01 pH | ±0.3mg/L | 0.07mg/L | ±1%    | 0.08% |
| 零点漂移  | /      | /       | ±0.3mg/L | 0.0 mg/L | ±1%    | 0.12% |
| 量程漂移  | ±0.1pH | 0.02 pH | ±0.3mg/L | 0.1 mg/L | ±1%    | 0.35% |
| 响应时间  | 0.5min | 17s     | 2min     | 1min43s  | 0.5min | 8s    |

表2 检测单元检查结果表

| 项目      | 规范要求  | 总有机碳   | 氨氮     | 高锰酸盐指数 | 总酚     |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 重复性误差/% | ±5    | 1.9    | 2.9    | 3.1    | 1.0    |
| 零点漂移/%  | ±5    | 1.5    | 1.7    | 2.3    | 0.0    |
| 量程漂移/%  | ±5    | 3.2    | 2.3    | 1.1    | 2.0    |
| 线性相关系数  | 0.999 | 0.9995 | 0.9997 | 0.9998 | 0.9996 |

### 3.2 检测单元核查

检测单元是水站的核心部分,核查的主要内容为自动监测仪器的性能指标。核查内容和结果见表1和表2。核查结果表明,pH、溶解氧、电导率3个项目的重复性误差、零点漂移(HJ/T96标准对pH无要求)、量程漂移、响应时间4个主要技术指标均达到《验收办法》、《技术要求》规定的要求;总有机碳、氨氮、高锰酸盐指数、总酚4个项目重复性误差、零点漂移、量程漂移、线性相关系数4个主要技术指标均达到《验收办法》、《技术要求》规定的要求。

### 3.3 监控和控制单元

监控单元验收主要内容为能否监控各设备状态,同时对水站设备的参数进行设置,且能接受中心站的远程访问,实现远程状态监控和参数设置。控制单元验收主要内容为对采水、配水、管路清洗、除藻工作模式的自动控制,实现仪器设备的待机控制、工作模式控制、校准控制、清洗控制,断水、电及设备故障时的安全保护,自动启动、恢复功能,并能远程对系统设置运行模式。验收的方法为现场查验和通过中心站查验监控、控制单元的以上功能,并按《验收办法》表式内容详细记录。经验收,本水站符合《验收办法》、《技术要求》规定的要求。

### 3.4 数据采集、传输单元

数据采集、传输单元验收主要内容为数据采集与传输的完整性、准确性、可靠性。可采用现场检查 and 通过中心站检查采集值与仪器测量值之间误差不得大于仪器量程的1%,经检查,符合要求。基

于数据传输的安全性考虑,本系统采用VPM技术,将水站和中心站连接成虚拟的私用网络,满足数据传输要求<sup>[1]</sup>。

## 4 比对、考核

### 4.1 比对试验

对实验室有条件进行分析的项目,均须进行实际样品比对,以检查自动监测结果和标准分析方法的可比性。对比试验利用水站配置的SBC-11水质自动采样器,采用24h跟踪比对法与自动监测仪器每隔4h同步采样<sup>[2]</sup>,自动监测对水样采取预处理的,比对水样采用同样的方法,采样位置与自动监测仪器的取样位置尽量保持一致。实际样品比对实验连续进行5d,以相同时间间隔采样6次,每次采集2个平行水样,同步记录自动监测仪器示值。

其中电导率、高锰酸盐指数、氨氮对水样在低、中、高3种浓度水平进行比对实验,计算水样相对误差绝对值的平均值(A)。

$$A = \frac{\sum |X_n - B|}{nB} \times 100\%$$

式中:  $X_n$ —第  $n$  次测定值;

$B$ —水样以国家推荐方法测定所得测定值;

$n$ —测定次数。

水温、pH、溶解氧、电导率、高锰酸盐指数、氨氮比对试验结果见表3,比对结果均达到《验收办法》、《技术要求》规定的要求。

总酚项目由于实验室无标准方法,总有机碳由于本实验室无分析能力,采用加标回收率测定的方法判定其准确度<sup>[3]</sup>。测定结果见表4。总酚、总有机碳加标回收率符合要求。

### 4.2 标准样品考核

使用有证标准样品,对水站进行验收考核,是评价水站使用的监测方法的准确度、检查水站仪器设备性能、操作人员技术能力的有效方法,是判定水站是否存在系统误差的技术手段<sup>[4]</sup>。使用标准样品考核时应注意的问题:要核查标准样品的有效性,所使用的标准样品应经监测站和集成商双方确认,防止发生不必要的争议;标准样品测试应与样

表3 比对试验结果表

| 项目         | 水温/℃         | pH/单位       | 溶解氧/mg·L <sup>-1</sup> | 电导率(A值)              | 高锰酸盐指数(A值)   | 氨氮(A值)      |
|------------|--------------|-------------|------------------------|----------------------|--------------|-------------|
| 比对实验方法     | GB/T13195-91 | GB/T6920-86 | GB/T1913/89            | 电导率仪法 <sup>[1]</sup> | GB/T11892-89 | HJ/535-2009 |
| 技术要求       | 0.2          | 0.1         | 0.5                    | ±1%                  | ±10%         | ±10%        |
| 比对结果(误差范围) | 0.0~0.2      | 0.0~0.10    | 0.00~0.27              | 0.3~0.9%             | 4.5~7.4%     | 4.3~5.3%    |

表4 加标回收试验结果表(%)

| 项目    | 总酚         | 总有机碳      |
|-------|------------|-----------|
| 技术要求  | 90~110     | 85~115    |
| 加标回收率 | 83.6~119.2 | 80.5~94.6 |

表5 标样考核结果表(mg/L)

| 项目     | 标样编号   | 标准值   | 不确定度  | 考核结果  |
|--------|--------|-------|-------|-------|
| 总酚     | 200335 | 0.600 | 0.05  | 0.603 |
| 高锰酸盐指数 | 203138 | 2.97  | 0.28  | 2.77  |
| 氨氮     | 200549 | 0.778 | 0.042 | 0.78  |

品测试一致。考核结果表明,总酚、高锰酸盐指数、氨氮3项目标样测试结果符合要求。

## 5 需改进的问题

(1) 分析单元排放的废液中含有的化学物质对周边环境有一定的污染。验收中发现,分析单元

废水经收集后排放到周边环境,虽然对取水口没有影响,但对大环境构成了污染,应当增加有害废液回收处理装置。

(2) 由于水站招标时未配备纯水装置,目前高锰酸盐指数反应室和进样槽用自来水清洗,应安装纯水清洗装置<sup>[5]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 王普力, 陈程. 关于水质自动监测站的几点思考与建议 [J]. 江苏环境科技, 2007, 20 (2): 61-63.
- [2] 王国胜, 胡宝祥, 张兰. 地表水水质自动监测数据技术评估 [J]. 中国环境监测, 2010, 26 (5): 44-46.
- [3] 本手册编写组. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1994: 327-443.
- [4] HJ630-2011, 环境监测质量管理技术导则 [S].
- [5] 刘伟. 两种高锰酸盐指数水质自动监测仪器的性能及维护对比 [J]. 四川环境, 2007, 26 (5): 33-40.

## Some Issues about Checking and Accepting Surface Water Automatic Monitoring Warning System

LU Jin-biao

(Qidong Environmental Monitoring Station, Qidong Jiangsu 226200 China)

**Abstract:** This article takes the automatic water quality monitoring warning system of Huilong Surface Water Plant as an example, and points out some issues in its check and acceptance. Based on a good preparation, a comprehensive methods should be used, including performance test, comparison test and standard solution verification.

**Key words:** automatic monitoring system; acceptance; problem

# 垫江县环境应急能力建设的现状与思考

蒋 玥<sup>1</sup>, 江学谦<sup>2</sup>

(1. 垫江县环境监测站, 重庆 垫江 409000; 2. 垫江县科委科协, 重庆 垫江 408399)

**摘 要:** 分析了垫江县环境应急能力建设现状, 认为应从机构建设、设备建设、用房建设、基础工作等方面全面推进应急能力建设。

**关键词:** 应急能力; 环境保护; 建设; 垫江县

**中图分类号:** X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0120-03

## 1 垫江环境应急管理现状

环境监察、环境监测和环境应急是环境保护的“三足”, 环境监察和环境监测是环境应急的基础和重点。垫江环境应急管理工作起步较晚, 基础十分薄弱, 环境应急能力与新时期环境安全形势发展的要求不相适应<sup>[1]</sup>。

### 1.1 监察机构不够独立

垫江县环境监察大队是依照公务员法管理的县财政全额拨款的事业单位。2010年11月, 经县编委批复, 下设办公室、环境监察1中队、环境监察2中队、环境监察3中队、12369环境应急中队等5个科室。核定事业编制30名, 拥有办公用房总面积200 m<sup>2</sup>。其中, 12369环境应急中队又称环境应急管理办, 为一套机构, 两块牌子。

### 1.2 监测能力略显薄弱

垫江县环境监测站为资质认证和计量认证双认证单位, 现有编制14人, 在编人员13人, 在岗10人、技术人员比例76.1%。其中, 高级工程师1人, 工程师4人, 助理工程师2人, 工人1人, 职员2人。目前拥有离子色谱仪、气相色谱仪、原子吸收仪、原子荧光仪、红外分光测油仪、紫外分光光度计、COD测定仪等大型及常规监测仪器设备105台(套), 设备总价值302万元。

### 1.3 应急管理较为紊乱

危机管理充分反映单位员工和负责同志的应急能力<sup>[2]</sup>。垫江环境应急管理工作目前处于起步阶段, 无论是在认识上、机制上, 还是工作措施上, 与面临的应急管理工作新形势、新要求还存在一定

的差距, 需要进一步规范和加强。2011年12月, 垫江县环保局和重庆兴发金冠化工有限公司联合举办“垫江县2011年度突发环境事件应急演练”, 市应急办、县委县政府和重要企事业单位主要负责同志应邀观摩。由于认识上和指挥上的种种问题, 该次演练最后演变成为一场消防场面庞大、喷淋场景壮观、与环境应急没有任何关联的消防演练。充分凸显了垫江环保部门环境应急管理的薄弱和无序。一旦真正发生重大突发环境事件, 若真的无法按照应急预案进行操作, 后果堪忧<sup>[3]</sup>。

## 2 垫江县环境应急能力建设思考

当前, 垫江正处于工业化、城镇化加速发展时期, 各种自然灾害和人为活动带来的环境风险不断加剧, 环境隐患日益突出, 突发环境事件的诱因复杂多样。环境应急能力成了垫江整体应急能力改进和提高的核心板块。

### 2.1 推进机构建设

建立环境应急机构。环境应急管理机构是行使环境应急管理行政职能, 有效防范和妥善应对各类突发环境事件, 推进环境应急全过程管理的载体。根据《全国环保部门环境应急能力建设标准》的市级二级标准要求, 结合垫江实际情况, 应该核定配备6~15人专职从事环境应急管理工作的编制, 选调政治思想觉悟高、文化程度和业务素质满足工作需要的人员从事环境应急管理工作。

健全环境监察机构。按照原国家环保总局环发〔2002〕100号文件规定, 综合考虑全县面积、经济社会发展水平、污染源数量分布及检查频次要求等因素, 逐步规范监察机构的名称和内部设置, 确保职能到位、组织健全、运行高效。建立和健全一支编制人数30人, 大专以上学历人员90%以上、

收稿日期: 2012-07-17

作者简介: 蒋玥, 女, 重庆黔江人, 环保工程师。



环保相关专业人员 30% 以上,全部纳入公务员管理或参照公务员管理的环境监察队伍,实现执法人员培训率 95%,执法人员持证上岗率 95%。

完善环境监测机构。环境监测站出具具有法律效力的“水和废水”监测、“噪声”监测和“环境空气和废气”监测等报告,是环境应急工作的重心。必须适应新的形势要求,抓住难得的发展机遇,将工作重心转到环境监测业务和技术上,充分保证技术人员比例不低于 85%,高级技术人员占技术人员总数比例不低于 25%,中级不低于 50%,达到 60 人的环境监测机构编制。

## 2.2 推进装备建设

配置应急硬件。配置 1 套包含应急指挥平台、综合应用系统的服务器及网络设备固定指挥平台;1 套视频会议系统和视频指挥调度系统,1 套车载应急指挥移动系统及数据采集传输系统,2 套便携式移动通信终端;配置有毒有害气体检测报警装置、液体致密型化学防护服等 30 项硬件装备;建设包含环境风险源基础信息系统、环境应急物资储备信息系统等各类环境基础信息集成共享,实现与相关应急平台互联互通的环境应急平台体系。

完善监察装备。装配执法车辆、车载 GPS 卫星定位仪、多通道卫星通讯执法指挥车等 9 项交通工具,烟气污染物快速测定仪、手持 GPS 定位仪、放射性个人剂量报警仪等 21 项取证设备,装配排污收费管理系统、环境执法管理及移动执法系统、污染源在线监控中心、12369 环保举报热线等 5 项信息化设备。

补充监测仪器。监测仪器设备是保障环境监测机构开展环境质量监测、污染源监督监测、环境应急监测和生态专项监测的基础条件。比对垫江现有监测仪器,应急新增、更换仪器设备 165 项,其中,深水采样器、水样自动采样器、低温保存箱等 50 项;恒温自动连续大气采样器、流量压力综合校定仪等 16 项;噪声统计分析仪、标准声级校准器、噪声自动监测系统 5 项;叶绿素测定仪、细菌检定分类系统等 10 项仪器。

## 2.3 推进用房建设

建设应急业务用房。加快建设 72m<sup>2</sup> 的,配备桌、椅、柜等办公设施,配备台式电脑、传真机、复印机、打印机和互联网登陆设备的行政办公用房。着力建设 100m<sup>2</sup> 的配备视频会议系统,配备

视频、音频系统和大屏幕显示系统,配备桌、椅、柜等办公设施的环境应急指挥大厅;100m<sup>2</sup> 的包括小型会商室、应急平台控制间、机房等的环境应急会商室;100m<sup>2</sup> 的包括应急调度室、夜间值班室等的环境应急值班室;100m<sup>2</sup> 的包括储备间、设备间、操作间等的辅助用房。

建设监察业务用房。环境监察业务用房是加大环保监察力度,提高大气、水污染防治能力,保护生态环境的基础。根据环境监察能力建设要求,结合垫江实际,应该重点建设 120m<sup>2</sup> 的办公用房;建设 60m<sup>2</sup> 的执法接待室、50m<sup>2</sup> 的内设小型操作间的取证设备间、30m<sup>2</sup> 的样品室、80m<sup>2</sup> 的档案室、80m<sup>2</sup> 包括受理区和申报区的排污申报受理厅、2 间 20m<sup>2</sup>/间的 12369 环保热线投诉受理夜间值班室;建设 120m<sup>2</sup> 的停车场和 150m<sup>2</sup> 污染源监控中心用房。

建设监测业务用房。监测用房是开展环境监测工作必备的基础。特别是实验室用房,大气、水质自动监测系统用房是环境监测机构的基础条件。应该重点建成总建筑面积不少于 2850m<sup>2</sup>,包含实验室用房 2500m<sup>2</sup>,行政办公用房 350m<sup>2</sup> 的环境监测综合大楼。同时要严格按照国家有关实验室建设要求,确保水、电、通风、防腐蚀、紧急救援、恒温等设施完好。行政办公用房要配备桌、椅、柜等办公设施,配备传真机、复印机、互联网登录等设备。

## 2.4 推进基础工作

积极参加环境应急管理培训。按照政府有关部门核定的编制内实有人数和规定的工资、津贴、补贴标准,足额保障环境应急工作经费,做到基本支出全部纳入财政预算安排。积极组织环境应急管理工作人员参加国家或重庆环保部门组织的环境应急管理培训,取得合格证书,确保培训上岗率为 100%。

严格实施环境监察工作制度。建立污染源自动监控信息系统,完善 12369 投诉热线标准化建设,处理好群众关心的环保热点、难点问题。加强环境监察人员的政治理论和业务培训,提高现场执法能力、执法水平和执法权威,做到反应灵敏、行动快速、执法规范。强化污染源和污染防治设施运转监督管理,制订健全并严格实施环境监察工作制度,制订健全完整合理、简单实用的环境监察工作

程序。

健全完善监测质量监控体系。引进先进的监测仪器和分析设备,提高环境监测人员的能力和水平,增强突发性环境污染事故应急监测能力。以质量控制考核和质量监督为主线,建立健全环境监测工作制度、环境监测工作程序、环境监测报告制度和环境监测机构内部管理制度,为突发环境事件的决策提供全方位、多层次的技术支持、技术服务和技术保障。

### 3 结语

根据《全国环保部门环境应急能力建设标准》和国家“十二五”环境保护规划的总体要求,紧紧围绕“三大类别(应急、监察、监测)”和“四大板块(机构、装备、用房、基础)”,制定环境

应急管理能力建设专项规划的实施方案,提出今后一个时期内强化环境应急能力标准化建设的具体举措,增强环境现场执法能力、安全防护设备的使用能力和快速反应、联合行动的应急处理能力,不断提高环境应急能力标准化建设水平,提高突发环境事件的应对能力。

#### 参考文献:

- [1] 垫江县人民政府. 突发环境事件应急体系建设规划(2011—2015) [R]. 2011.
- [2] Spillan John, Hough Michelle. Crisis Planning in Small Businesses: Importance, Impetus and Indifference [J]. *European Management Journal*, 2003, 21 (3): 398-407.
- [3] 梁丹丹. 景东县环境应急能力建设存在的问题与思考 [J]. *环境科学导刊*, 2010, 29 (2): 22-24.

## A Reflection on Capacity Building of Environmental Emergency Response in Dianjiang County

JIANG Yue<sup>1</sup>, JIANG Xue-qian<sup>2</sup>

(1. Dianjiang County Environmental Monitoring Station, Dianjiang Chongqing 409000 China)

**Abstract:** It is analyzed in this article the current capacity of environmental emergency response in Dianjiang County. It is suggested to promote the capacity building through institutional set-up, equipment improvement, house construction and enhancing the basic works.

**Key words:** emergency response; environmental protection; construction; Dianjiang County

# 金沙江中游流域水环境监测体系建设的构想

倪静洁

(云南金沙江中游水电开发有限公司流域环境保护监测管理中心, 云南 昆明 650000)

**摘要:**介绍了国外流域水环境监测现状,分析了我国流域水环境监测发展概况,提出了金沙江中游流域水环境监测体系建立的必要性,论述了金沙江中游流域水环境监测体系初步构建的设计原则、监测点布设、监测因子筛选、监测系统建设、共享信息平台建设等。

**关键词:**流域管理; 监测体系; 建设; 金沙江

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0123-02

人类社会的可持续发展归根结底是生态系统的可持续发展问题,而生态系统管理是合理利用和保护资源、实现可持续发展的有效途径<sup>[1]</sup>。水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源,是生态系统中最重要、最敏感的控制性要素。流域水环境状况不仅是区域生态环境的主要控制因素,同时又是区域经济社会可持续发展的关键因素之一。近年来,随着人口快速增长和人类活动加剧,水环境问题日益突出,已在全球范围内引起了广泛的重视和关注。在水资源管理制度不断完善的同时,迫切需要开展流域水资源以及生态效应等方面的综合评价研究,构建区域水资源环境监测系统的工作显得尤为重要<sup>[2]</sup>。

## 1 国外流域水环境监测现状

国外的流域水环境监测与管理系统,常是利用物联网将网络与实际事物相联,借助互联网互联互通的优势,架构流域监测分布的传感网络;通过传感器实时地感知和实时的数据传输,广泛、连续、多时空尺度地监测流域系统,全面掌握监测信息。

美国IBM公司与贝肯研究所合作,在纽约哈德逊河上进行实时监控实验。在315英里的河流上布设传感器,实时收集与分析河流的生物、水质、化学物质等信息,实现了全流域的可视化。根据这些监测信息,政府有关部门可以指导农业灌溉、污水处理和捕捞作业等。

美国针对哥伦比亚河下游、河口以及近海区域建立的一套用于沿海地区实时监测与预测的环境研究模式,是一个包含信息、方法和合作研究者广泛参与的综合体系。融合了持续的数据信息,以及多领域的科学分析和更高级的智能化。比哈德森河的

体系更为完善,功能也更齐全。

国外的实时监测网络发展得较早,因此规模和程度都较高,但是有的技术并没有完全公开,加之一些传感器设备成本较高,不适合在国内照搬推广。

## 2 我国流域水环境监测发展概况

黄河流域水土保持生态环境监测系统是我国较早启动的流域环境监测体系之一。系统由监测站网、信息采集、信息传输、数据存储、信息服务平台和应用系统等六个部分组成<sup>[3]</sup>。作为“数字黄河”工程的组成部分,成为黄河水资源保护现代化和信息化的一个重要标志,不但能满足黄河水量调度、城市供水水源地、突发性水污染事件对水质实时监控的需要,也为全面提升黄河水资源管理水平和保护生态环境提供可靠的技术支持和决策依据<sup>[4]</sup>。

国内基于物联网的环境监测刚刚起步,在太湖流域建立的传感监测系统是结合物联网技术对太湖水文、蓝藻湖泛、蓝藻打捞处置进行智能感知、调度和管理,实现防汛防旱指挥、水环境治理和水资源管理三位一体的水利物联网综合监测管理和服务平台。构建一套适合中国江河流域实际情况的水质监测和管理的物联网系统,将是今后我国水质监测的重点研究方向。

## 3 金沙江中游流域水环境监测体系建立的必要性

金沙江流域位于青藏高原、云贵高原、四川盆地西部的边缘地区,为长江上游河段,发源于青海省境内唐古拉山北麓的格拉丹东雪山和尕斯库勒山,流经青、藏、川、滇四省区。金沙江是我国水能资源开发的“富矿”及实现“西电东送”战略目标的重要能源基地之一。梯级电站全部建成后

将成为我国最大的能源基地。金沙江干流全长2316km, 落差3279.5m, 习惯上将其分为上、中、下三段: 石鼓以上为上段, 石鼓至雅砻江口为中段, 雅砻江口至宜宾为下段。按规划金沙江中游河段梯级开发方案为一库八级方案: 龙头水库和两家人电站正处于方案比选阶段; 金安桥电站已于2011年投产发电; 梨园、阿海、龙开口、鲁地拉、观音岩正进行工程建设, 未来五年内, 将陆续投产发电。

为进一步推进流域水电开发环境保护工作, 国家环境保护部出台了一系列的政策和措施, 要求逐步构建流域生态监测体系和流域生态环境数据库。为响应国家对水电开发中环境保护和管理的要求, 保护水生生物栖息地和流域生物多样性, 深入认识和了解流域生态系统的变化状态和规律, 预测和管理流域的水质和水量, 同时保障金沙江中游流域梯级电站运行期水环境安全, 迫切需要建立金沙江中游流域水环境监测体系, 实现流域水资源环境管理信息化, 使流域的水资源开发利用建立在及时、准确、科学的信息基础之上, 减少对流域生态系统的危害, 更好地为流域可持续发展服务。

#### 4 金沙江中游流域水环境监测体系的初步构建

按照流域开发与环境保护并重, 以及流域统筹管理要求, 建立以自动在线监测为基础的金沙江中游流域水环境监测体系, 作为现有国家和地方环境管理和监测体系的补充, 更有针对性地开展金沙江中游流域的实时水环境监测, 为流域开发水环境变化趋势分析、水质安全预警、流域开发环境影响后评估提供数据支撑和技术保障, 以保障金沙江中游流域水环境安全, 实现水电开发与生态环境保护全面、协调、可持续发展。

##### 4.1 设计原则

由于金沙江中游流域在建的五个梯级电站工程进度不尽相同, 必须统筹规划、分级建设、分级管理。采用统一的水环境监测规范, 做到统一标准、统一布点、统一方法和统一发布, 实现信息共享。构建流域水环境监测体系应遵循以下原则:

- (1) 独立性兼整体性原则;
- (2) 与工程建设、安全运行紧密联系原则;
- (3) 针对性和代表性原则;
- (4) 经济性和可操作性原则;
- (5) 统一规划, 分步实施, 数据资源共享

原则。

##### 4.2 监测点布设

为反映各梯级电站运行期间水环境的变化情况, 监测站点考虑布设于各梯级电站的坝上和尾水排放处, 以反映电站进、出水水质。金沙江中游流域开发范围中共涉及6个梯级电站、12个监测站点。

##### 4.3 监测因子筛选

监测因子筛选基于以下原则综合考虑后确定:

- (1) 能够反映梯级电站开发涉及河段水环境质量状况和污染特征;
- (2) 能够与现有环境保护系统国控、省控和其他常规监测断面的监测因子衔接;
- (3) 技术经济可行。

##### 4.4 监测系统建设

建设水质自动监测站, 这种自动站具有投资经济、功能强大、稳定可靠、操作简单、维护量小等特点。水质自动监测站采用PLC可编程控制器作为水站的自控核心, 采用网络集中监控系统组态软件作为人机界面的工作平台。

##### 4.5 共享信息平台建设

建设省级信息共享平台, 实现流域内水量、水质、污染源等水环境信息的共享, 使国家有关部门和流域内省市能够实时掌握流域重要水体和控制区域(点)的水环境状况, 为流域水资源环境安全提供及时高效的信息和技术服务支撑。

#### 5 应用展望

随着监测技术自动化程度的日益提高, 金沙江中游流域水环境监测系统将为区域水资源评价、合理开发利用与预测提供可靠的基础数据, 将有效提高环境监测信息管理现代化水平。今后该监测系统可建立模型库(包括基础模型和决策分析模型), 把应用提升到包括水资源环境的规划、预测、评价、管理、决策等诸多方面信息决策支持的层面上。

参考文献:

- [1] 赵士洞, 汪业勤. 生态系统管理的基本问题 [J]. 生态学杂志, 1997, (4): 36-39, 47.
- [2] 张丽. 流域水资源环境监测系统的设计与实现 [J]. 测绘通报, 2004, (2): 50-53.
- [3] 朱小勇. 黄河流域水土保持生态环境监测系统建设规划 [J]. 人民黄河, 2003, 25(8): 21-22.
- [4] 赵维征. 水质自动监测在黄河上的开发应用 [J]. 中国水利, 2004, (7).

(下转第127页)

# 浅谈环境空气自动监测站质控方式

杨晓红, 师莉莉, 王立前, 张榆霞

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 采用标准样品检查、PM<sub>10</sub>采样流量检查和运行管理检查等方式, 加强对云南省环境空气自动监测站的质量管理和质量控制, 保证了仪器设备的可靠运行和监测数据准确有效。实践证明, 这套检查方式操作简单、易于实施、效果较好。

**关键词:** 空气; 自动监测; 质控方式

**中图分类号:** X83   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0125-03

自动监测系统具有长期性、连续性、自动化运行的特点, 随着社会经济的发展, 云南省大多数城市环境空气的手工监测逐步被自动监测取代; 据统计, 自2000年到2011年底, 云南省先后共建设了56个环境空气自动监测子站, 涉及大西北、美国热电、美国API、河北先河和武汉虹宇等5个品牌; 分布在20个城市, 主要监测项目为SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和PM<sub>10</sub>, 为全省主要城市环境空气日报的准确、及时报告起到较好的技术支撑作用。为保证自动监测数据准确可靠, 必须加强对自动监测系统的质量管理和质量控制, 按照国家《环保重点城市环境空气自动监测质量管理规定》(暂行)的要求, 依据《环保重点城市环境空气自动监测质量管理规定》、《环境空气自动监测技术规范》和《环境空气质量监测规范》的规定, 结合云南实际情况, 2005年以来, 采取了标准样品检查、PM<sub>10</sub>采样流量检查和运行管理检查等方式, 加强对云南省环境空气自动监测站的质控检查, 促进了各级监测站对环境空气自动监测站的有效管理, 保证了仪器设备的可靠运行和监测数据的准确有效。

## 1 检查和评价方式

### 1.1 标准样品检查

**材料及来源:** 环境保护部标准样品研究所生产的有证标准气体(SO<sub>2</sub>和NO标气)。

**检查方式:** 向SO<sub>2</sub>(或NO)监测仪通入SO<sub>2</sub>(或NO)有效标准气体进行测量, 仪器显示值稳定后记录其测量值; 撤去标准气体, 通入零气清洗管路, 待管路清洗干净且仪器显示值回零并稳定

后, 再向SO<sub>2</sub>(或NO)监测仪通入SO<sub>2</sub>(或NO)标准气体进行测量。反复测量3次以上, 利用测量总体均值和标气实际浓度计算其相对误差(RE%)评价仪器测量的准确性; 利用多次测量值计算其相对标准偏差(RSD%)评价仪器测量的精密性。

**评价方式:** 参考《二氧化硫气体检测仪检定规程》(JJG551-2003)中“示值误差不超过±5%, 相对标准偏差(重复性)不大于2%”的要求, 对测量结果的准确性和精密性进行评价。

### 1.2 PM<sub>10</sub>采样流量检查

**材料及来源:** 经检定合格, 且在检定有效期内的标准流量计(TH-BQX1型便携式气体、粉尘、烟尘采样仪校验装置)。

**检查方式:** 将PM<sub>10</sub>监测仪的采样管接至在检定有效期内标准流量计, 并确保气路无泄漏, 设置监测仪器采样流量为16.67L/min, 启动抽气泵进行采样。待标准流量计显示值稳定后记录其测量值。反复测量3次以上, 利用测量总体均值和监测仪器设定值计算其相对误差(RE%)评价仪器测量的准确性; 利用多次测量值计算其相对标准偏差(RSD%)评价仪器测量的精密性。

**评价方式:** 参考《大气采样器检定规程》(JJG956-2000)中“流量示值误差不超过±5%, 流量重复性不大于2%”的要求, 对测量结果的准确性和精密性进行评价。

### 1.3 运行管理检查

(1) 运行率。运行率是检查环境空气自动监测站正常运行的时间, 以天计。运行率 = 实际运行天数 / 理论运行天数 × 100%。

(2) 运行记录。通过查阅空气自动监测站的运行记录, 主要检查空气自动监测站的巡检和维

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 杨晓红(1973-), 女, 汉族, 云南省丽江永胜人, 大学, 高级工程师, 从事环境监测质量管理工作。

护、仪器设备的校准、标准传递等工作是否定期正常开展，记录是否完整。

空气自动监测站的巡检和维护主要检查空气自动监测站环境条件是否满足要求，使用的试剂等耗材是否定期检查更换，监测仪器采样管是否定期清洗；仪器设备的校准主要检查是否对仪器设备定期进行零漂、标漂和校标、校零检查，是否对PM<sub>10</sub>监测仪进行流量校准；标准传递主要检查使用的标准气体和标准流量计是否在合格有效期内。

## 2 检查结果

### 2.1 SO<sub>2</sub> 和 NO 监测仪

现场采用标气对环境空气自动监测系统中SO<sub>2</sub>和NO监测仪进行检查发现，连续7a来SO<sub>2</sub>和NO监测仪测量结果的精密度合格率高于准确度合格率，且合格率较高，说明除个别仪器设备的稳定性有问题外，绝大部分仪器的稳定性较好，准确性次之，详见表1。

现场对SO<sub>2</sub>和NO监测仪测量结果准确度不合

表1 SO<sub>2</sub> 和 NO 监测仪检查情况

| 年度    | SO <sub>2</sub> 监测仪<br>数量/台 | SO <sub>2</sub> 监测仪合格率/% |      | NO 监测仪<br>数量/台 | NO 监测仪合格率/% |      | 标准气体<br>过期率/% |
|-------|-----------------------------|--------------------------|------|----------------|-------------|------|---------------|
|       |                             | 准确度                      | 精密度  |                | 准确度         | 精密度  |               |
| 2005年 | 10                          | 90                       | 100  | 10             | 70          | 100  | 70            |
| 2006年 | 14                          | 78.6                     | 85.7 | 13             | 92.3        | 84.6 | 25            |
| 2007年 | 18                          | 83.3                     | 100  | 18             | 72.2        | 94.4 | 40            |
| 2008年 | 17                          | 94.1                     | 100  | 17             | 82.4        | 100  | 39            |
| 2009年 | 29                          | 82.8                     | 96.5 | 29             | 86.2        | 96.5 | 30            |
| 2010年 | 22                          | 95.5                     | 100  | 18             | 83.3        | 100  | 0             |
| 2011年 | 19                          | 63.2                     | 100  | 19             | 68.4        | 100  | 42.1          |

格的环境空气自动监测系统所使用的标气进行有效性检查，发现凡测量准确度不合格的环境空气自动监测系统，所使用的标气都是过期半年以上的标气。

### 2.2 PM<sub>10</sub>监测仪

现场采用流量校准装置对环境空气自动监测系统中PM<sub>10</sub>监测仪进行检查发现，连续7a来PM<sub>10</sub>监测仪测量结果的精密度合格率远高于准确度合格率，且合格率较高，说明绝大部分仪器设备的稳定性较好，准确性次之，详见表2。

表2 PM<sub>10</sub>监测仪检查情况

| 年度    | 检查数量/套 | PM <sub>10</sub> 监测仪合格率/% |      |
|-------|--------|---------------------------|------|
|       |        | 准确度                       | 精密度  |
| 2005年 | 8      | 62.5                      | 75   |
| 2006年 | 12     | 58.3                      | 100  |
| 2007年 | 12     | 66.7                      | 83.3 |
| 2008年 | 13     | 61.5                      | 100  |
| 2009年 | 26     | 88.5                      | 100  |
| 2010年 | 19     | 52.6                      | 100  |
| 2011年 | 18     | 88.9                      | 94.4 |

现场对PM<sub>10</sub>监测仪采样流量的检查和测试结果显示，采样流量合格的有三种情况：①环境空气自动监测站的管理单位有符合质控要求的1级流量

校准器，并定期进行检查校准；②仪器生产商在近期内进行过巡检校准的环境空气自动监测站；③新建的环境空气自动监测站。采样流量不合格的有两种情况：①没有用流量校准器定期进行自校；②校准使用的流量计严重失准，也没有送计量部门进行过检定。

### 2.3 运行管理

连续7a对各环境空气自动监测站的运行管理检查表明：①除个别环境空气自动监测站点因所在大楼拆除等特殊原因导致环境空气自动监测站的运行率较低外，其他各环境空气自动监测站历年来的运行率均高于85%，且不能正常运行的原因均由于设备故障或停电导致。②各环境空气自动监测站自建站起每年均有巡检记录和校准记录；维护记录从较少到均有，逐年呈上升趋势，至2010年各站点均有维护记录。③各环境空气自动监测站使用的标准气体合格率有逐年上升趋势。④各环境空气自动监测站自建站起每年均对PM<sub>10</sub>监测仪采样流量进行至少1次以上的校准，且定期开展校准的站点逐年上升，校准的方式逐步从仪器供货商巡检校准或者是依靠其他单位校准，变为各管理单位自己校准，部分环境空气自动监测站校准频次还逐年增加。

### 2.4 检查中发现问题的处置措施

通过多年来对云南省环境空气自动监测系统的质控检查,充分体会到人员是第一位,人员素质是保证自动监测数据准确性和可比性的重要保障;同时针对检查中发现的问题,提出如下处置措施:

(1) PM<sub>10</sub>监测仪采样流量未按规范要求进行校准检查,导致采样流量失准。因此为保证监测数据的准确性,PM<sub>10</sub>监测仪采样流量不仅要按标准要求每半年至少进行1次校准,对稳定性较差的设备,还应缩短校准时间,加大校准频次;用作工作标准的流量计(流量校准装置)应定期送检,标准流量计的精度要达到±0.1L/min的技术要求。

(2) 使用的标准气体过期,导致监测结果的偏离。因此环境空气自动监测站应尽量使用有证合格标气,对过期标气或无证标气,必须按规定进行标准传递和核查。

(3) 对于未按规定做好设备的期间核查,相

关运检、校准和维护不能完整地记录备查的情况,对此云南省依据规范,要求各托管单位建立健全环境空气自动监测站定期巡检、维护、校准制度,并在每年度的质控检查中作为重点检查内容。

### 3 结论

云南省依据《环保重点城市环境空气自动监测质量管理规定》、《环境空气自动监测技术规范》和《环境空气质量监测规范》的要求,采用标准样品检查、PM<sub>10</sub>采样流量检查和运行管理检查等方式,开展对环境空气自动监测系统的质量管理 and 质量控制;方式操作简单,易于实施;通过检查,不仅规范了员工的操作技术,提高了日常管理的水平,而且保证了监测数据的质量,达到了预期目的。

#### 参考文献:

[1] HJ/T 193-2005, 环境空气质量自动监测技术规范 [S].

## A Discussion on Quality Control Method of Ambient Air Automatic Monitoring Station

YANG Xiao-hong, SHI Li-li, WANG Li-qian, ZHANG Yu-xia

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

**Abstract:** By checking the standard sample, PM<sub>10</sub> sampling flow and operational management, the quality management and quality control of the ambient air automatic monitoring station in Yunnan Province could be enhanced. The reliable running of the instrument, accuracy and effectiveness of the monitoring data are guaranteed. In practice, this kind of checking method is easy to operate and implement and effective.

**Key words:** air; automatic monitoring; quality control method

(上接第 124 页)

## A Blueprint of Building a Monitoring System for the Aquatic Environment in the Middle Stretch of Jinsha River Basin

NI Jing-jie

(Watershed Environmental Protection, Monitoring and Management Center of Yunnan Middle Jinsha River Hydropower Development Company Ltd., Kunming Yunnan 650000 China)

**Abstract:** In this article, the author introduces the foreign water environment monitoring of the watershed, and analyzes the situation in our country. The necessity of building a water environment monitoring system of the watershed in the middle Jinsha River is also discussed, as well as its design principle, lay-out of monitoring points, selection of monitoring factors, set-up of the monitoring system and common information platform.

**Key words:** watershed management; monitoring system; building-up; Jinsha River

# 通过实验室资质认定的县级环境监测站 如何有效运行质量管理体系

李 萍

(宣威市环保局, 云南 宣威 655400)

**摘 要:** 县级环境监测站质量管理体系的建立往往是为了应对实验室资质认定的评审和复评审。本文立足于实际工作, 找出县级环境监测站质量管理体系运行不够通畅的原因, 分析解决的方法。

**关键词:** 实验室资质认定; 县级环境监测站; 质量管理体系

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0128-02

实验室资质认定是指国家认证认可监督管理委员会和各省、自治区、直辖市人民政府质量技术监督部门对实验室和检查机构的基本条件和能力是否符合法律、行政法规规定以及相关技术规范或者标准实施的评价和承认活动。

经过依法认定过的县级环境监测站实验室必须具备完整的质量管理体系, 并保障其有效运行, 才具有向社会出具具有证明作用结果和数据的能力。但县级环境监测站往往因实验室简陋、人员少、任务重、业务素质相对较低、和上一级质量管理部门沟通较少等诸多因素, 导致质量管理体系运行不畅。针对保障县级环境监测站质量管理体系有效运行的问题, 作者提出几点看法。

## 1 构建有效的管理体系

### 1.1 发挥管理者对管理体系建立, 改进资源配置等方面的决策作用

成立以站长为组长, 质量主管领导为副组长的管理体系建设领导小组, 建立与管理体系相适应的要素工作小组并确定各小组之间的隶属关系、联系方法。制定管理体系建设的总体规划和符合本站实际的质量方针和目标。

### 1.2 分析实验室现状, 确定管理体系要素

(1) 人员资源状况。人员少、业务素质相对较低是制约县级环境监测站质量管理体系有效运行的瓶颈。人员少就会造成一人身兼数职, 既是管理者, 同时也是被管理者, 起不到相互监督、相互管理的作用。应与上一级行政管理部门多沟通, 加强站工作人员配置建设; 或者以合同工的形式招聘待

业大学生进行上岗证培训, 保证认证项目均能2人以上持证上岗; 正式工作人员除持证上岗外, 必须进行质量管理的学习和考核。这样才能有效保障管理者和被管理者的职责、权利, 相互制约。

(2) 实验室设施和环境条件。县级监测站实验室尽管条件有限, 但也应确保检测/校准设施及环境条件满足相关法律法规、技术规范或标准要求; 实验室工作间应合理布局, 任何两相邻区域的工作(活动)相互之间有不利影响时应采取有效隔离措施; 无论是固定场所检测还是临时或可移动的场所检测, 均应有有效的监控记录。

(3) 建立符合本站特点的管理体系文件。管理体系文件一般包括四方面内容: 管理手册、程序文件、作业指导书、记录。质量管理体系文件是质量管理体系的具体体现和质量管理体系运行的法规, 也是质量管理体系审核的依据。在运行过程中应让每一个职工认识到每一次检测活动都应与管理联系起来, 按照质量管理体系文件中的要求进行检测/校准工作。

(4) 认证项目的实用性。县级环境监测站任务重, 在计量认证过程中往往认为多认证一些项目有利于监测站自身的发展, 事实上这是一个误区。在项目认证的选取过程中, 应充分考虑本县的区域特点、环境特点、监测人员业务素质特点、实验室能力特点等因素, 少而精地选取认证项目, 才能保障简陋实验室建立的管理体系与其开展的检测/校准活动相适应。

## 2 质量管理体系运行

(1) 实践出真知。管理体系文件在运行过程中难免会有与实际工作脱节或不相符的情况, 应采用一些激励机制鼓励职工发现问题, 解决问题并充



分反馈回质量管理体系文件中完善、改进文件，保障质量管理体系文件的实用性。

(2) 保障质量管理体系运行通畅。在实验室的管理制度上应保证质量管理体系运行正常；加强信息管理，所有与质量活动有关的人员都应按体系文件要求，做好质量信息的收集、分析、传递、反馈、处理和归档等工作；所有职工应养成按体系文件操作或工作的习惯，并严格按照文件要求执行。

(3) 保证定期对质量活动进行监控。在实验室的一年工作计划中，应定期安排对质量活动的监控工作，根据自身情况和特点选用《评审准则》中规定的“校核方法”，编制实施计划或相应的规

定，定期有效评审，从而对质量结果进行控制。

实验室资质认定的有效期从过去的五年变更为如今的三年，县级监测站如果在日常生活中不把质量管理体系文件有效地运行起来，将会疲于应对实验室资质认定的复评审，没有时间和空间来考虑监测站自身的发展。县级监测站的质量技术活动应在日常生活中始终贯彻体系文件要求，建立有效的监督机制，不断找出问题并分析相关因素，有针对性地制定和落实纠正措施，并验证纠正后效果。县级监测站实验室自身建设只有符合实验室资质认定要求，才能不断发展壮大。

## Quality Management System of Certified Environmental Monitoring Station at County Level

LI Ping

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

**Abstract:** The set-up of the quality management system in a county environmental monitoring station is a response to the evaluation and re-evaluation of its certified qualification. The hindrance of smooth operation of the system is discussed in this paper and the solutions are also analyzed.

**Key words:** laboratory accreditation; county environmental monitoring station; quality management system

## 《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

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

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

# 快速求解 pH 平均值

白爱民

(云南省环境监测中心站, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 论述了 pH 的概念及重要性, 求解 pH 平均值的步骤和公式, 列举了在 EXCEL 中求解 pH 平均值的几种方法并做了比较, 给出了自定义函数求 pH 平均值的代码并说明了使用方法。

**关键词:** 氢离子浓度; pH 平均值; EXCEL; 自定义函数

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2013) 01-0130-03

在工业、农业、卫生、环境保护等许多方面, pH 都是一个被广泛应用的重要化学指标, 它表示出溶液中  $H^+$  浓度的大小及酸碱性的强弱。求解 pH 的平均值是实验室数据分析的常规任务之一, 通常在 EXCEL 中来完成。但很多实验室工作人员使用 EXCEL 仍停留在初级水平, 求解 pH 的平均值时仅会用最简单的分步求解法, 求解工作量大, 易出错。找出一种简单、直观、方便、易用的求解 pH 的平均值的方法是很有必要的。

## 1 pH 的概念

氢离子浓度指数 (hydrogen ion concentration) 是指溶液中氢离子的总数和总物质的量的比。它的数值俗称“pH 值”, 表示溶液酸性或碱性程度的数值, 即所含氢离子浓度的常用对数的负值<sup>[1]</sup>。

如果某溶液所含氢离子的浓度为每升 0.00001 mol/L, 它的氢离子浓度指数就是 5, 计算方法为  $-\lg [\text{浓度值}]$ 。

氢离子浓度指数一般在 0~14, 当它为 7 时溶液呈中性, < 7 时呈酸性, 值越小, 酸性越强; > 7 时呈碱性, 值越大, 碱性越强。

## 2 pH 的重要性

pH 1909 年由丹麦生物化学家 Soren Peter Lauritz Sorensen 提出, 是氢离子浓度的意思。

由 pH 的定义可知, pH 是衡量溶液酸碱性的尺度。化学变化以及生产过程都与 pH 值有关, 在工业、农业、医学、环保和科研领域都需要控制溶液的酸碱, 这些地方都需要知道溶液的 pH。

医学上: 人体血液的 pH 值通常在 7.35 ~ 7.45, 如果发生波动, 就是病理现象。唾液的 pH

值也被用于判断病情。如夏季蚊虫叮咬会分泌出甲酸 (蚁酸), 人感到痒, 是因为此时 pH 低于 7 显酸性, 可采用肥皂水、牙膏来增加 pH 值使人减轻痛痒感。

化学和化工上: 很多化学反应需要在特定的 pH 下进行, 否则得不到所期望的产物。

农业上: 很多植物有喜酸性土壤或碱性土壤的习性, 如茶的种植。控制土壤的 pH 可以使种植的植物生长得更好。

环保上: 测量降水的 pH 可知是否有酸雨、空气是否污染及其污染程度。

## 3 计算 pH 平均值的方法

在进行数据处理时, 经常要求出多个样本 pH 的平均值, 鉴于 pH 值的特殊性, 其平均值的计算不能采用简单的算术平均值方法。下面以酸雨为例来说明 pH 平均值的计算公式<sup>[2]</sup>。

(1) 先计算各个酸雨监测值的  $H^+$  浓度

$\because$  pH 是  $H^+$  活度 (浓度) 的负对数

$\therefore$  当  $pH = a$  时,  $H^+$  活度 (浓度)  $C_i = 10^{-a}$

(2) 再计算出  $H^+$  浓度的加权平均值

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

式中:  $V_i$  是第  $i$  个样本的采样体积

$n$  为样本数

(3) 再将  $H^+$  浓度的加权平均值计算为 pH 值

$$p\bar{H} = -\lg [\bar{C}]$$

在河流 (湖库) 水质监测中, 也需要计算 pH 平均值。其计算方法更为简单, 因不考虑溶液的体积, 在上述方法中的 (2) 中, 只须计算出  $H^+$  浓度的算术平均值, 即:

收稿日期: 2012-08-08

作者简介: 白爱民 (1955-), 男, 高级工程师, 现从事环境信息、网络管理、自动监测站、数据库研究等。

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

4 EXCEL 与 pH 平均值的计算

Microsoft Office EXCEL 是广泛使用的数据处理工具之一。Excel 内置函数的快捷与方便，强大的内置函数库大大增强了 Excel 数据计算与分析的能力。通过组合多个内置函数，可满足更为复杂的任务需求。但是，内置函数也不一定总能满足特殊的计算或分析任务，而且，内置函数组合常常很难理解，这时，就可以通过自定义函数来解决问题。

下面用实例来说明计算 pH 平均值的几种方法。

本例中，欲求 2011 年某湖库监测点 pH 平均值，共有 6 个 pH 监测值（见单元格 C3 至 C8）。

4.1 最简单常用的方法：分步计算法

(1) 先计算各个监测值的 H<sup>+</sup> 浓度（见单元格 D3 至 D8，E3 至 E8 是对应 D3 至 D8 的公式）；

(2) 计算 H<sup>+</sup> 浓度的平均值（见单元格 D9，E9 是对应 D9 的公式）；

(3) 再将 H<sup>+</sup> 浓度平均值计算为 pH 值（见单元格 D10，E10 是对应 D10 的公式）。

监测数据和各步骤的计算结果见表 1。

表1 最简单常用的方法

|    | A          | B     | C         | D                 | E               |
|----|------------|-------|-----------|-------------------|-----------------|
| 1  | pH平均值计算实例一 |       |           |                   |                 |
| 2  | 测点         | 日期    | pH        | H <sup>+</sup> 活度 | 公式              |
| 3  | 监测点1       | 1月4日  | 8.22      | 6.03E-09          | =10^-C3         |
| 4  |            | 3月9日  | 8.29      | 5.13E-09          | =10^-C4         |
| 5  |            | 5月4日  | 8.26      | 5.50E-09          | =10^-C5         |
| 6  |            | 7月7日  | 8.14      | 7.24E-09          | =10^-C6         |
| 7  |            | 9月6日  | 8.25      | 5.62E-09          | =10^-C7         |
| 8  |            | 11月4日 | 7.90      | 1.26E-08          | =10^-C8         |
| 9  |            |       | $\bar{C}$ | 7.02E-09          | =AVERAGE(D3:D8) |
| 10 |            |       | pH        | 8.15              | =-LOG10(D9)     |

4.2 较为复杂的方法：组合内置函数法（见表 2）

该方法采用组合 EXCEL 内置函数来实现 pH 平均值的计算。C20 为 C14 至 C19 中各 pH 监测值的平均值，对应的公式在其后。

4.3 自定义函数的方法

EXCEL 的自定义函数功能是 Microsoft Office 先进性的具体体现之一。通过 VBA 完成自定义函数的编写后，再在 EXCEL 中使用加载宏，就可像 EXCEL 的内置函数一样使用自定义函数了。VBA 全称是 Visual Basic for Application，它是微软最好的通用应用程序脚本编程语言。本例求湖库 pH 平

均值自定义函数的函数名为 AVerpH（），括号内的参数为拟求 pH 平均值所选择的数据单元格范围，具体函数代码如下：

表2 组合内置函数法

|    | A                                                                                                                                                             | B     | C    | D | E |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---|---|
| 11 |                                                                                                                                                               |       |      |   |   |
| 12 | pH平均值计算实例二                                                                                                                                                    |       |      |   |   |
| 13 | 测点                                                                                                                                                            | 日期    | pH   |   |   |
| 14 | 监测点1                                                                                                                                                          | 1月4日  | 8.22 |   |   |
| 15 |                                                                                                                                                               | 3月9日  | 8.29 |   |   |
| 16 |                                                                                                                                                               | 5月4日  | 8.26 |   |   |
| 17 |                                                                                                                                                               | 7月7日  | 8.14 |   |   |
| 18 |                                                                                                                                                               | 9月6日  | 8.25 |   |   |
| 19 |                                                                                                                                                               | 11月4日 | 7.90 |   |   |
| 20 |                                                                                                                                                               | pH    | 8.15 |   |   |
| 21 | =IF(COUNT(C14:C19),-LOG(SUM(IF(C14,10^-C14,0),IF(C15,10^-C15,0),IF(C16,10^-C16,0),IF(C17,10^-C17,0),IF(C18,10^-C18,0),IF(C19,10^-C19,0),)/COUNT(C14:C19)),"") |       |      |   |   |

Function AVerpH (pH As Range) As Double

自定义函数，求选定范围 pH 值的平均值（适用于湖库测点）

```

MyPH = 0
MyCount = 0
For Each C In pH.Cells
    If C <> "" Then
        If IsNumeric (C) Then
            MyPH = 10 ^ (-C) + MyPH
            MyCount = MyCount + 1
        End If
    End If
Next
MyPH = MyPH / MyCount
AVerpH = -Log (MyPH) / Log (10)
End Function
    
```

使用自定义函数求 pH 平均值的例子见表 3。C34 单元格显示的是 C33 求 pH 平均值的公式。

求降水 pH 平均值与求湖库 pH 平均值不同，函数中增加了降水量的计算，自定义函数名为 AVerpHA（），其中 C24 至 C26 为 3 次降水 pH 值，D24 至 D26 为对应的降水量。C28 单元格显示的是 C27 求 pH 平均值的公式。见表 4。

1.4 VBA 编程方法

VBA 的另一个主要用途是使电子表格的任务自动化。对于需要使用多种不同方法（或函数）对多个表中的大量数据进行处理时，通过 VBA 编写程序代码更能体现 EXCEL 的优越性，当然，

VBA 编程也可用来只求 pH 平均值。

表3 自定义函数求河流pH平均值的方法

|    | A                | B               | C                | D |
|----|------------------|-----------------|------------------|---|
| 25 | pH平均值计算实例三       |                 |                  |   |
| 26 | 测点               | 日期              | pH               |   |
| 27 | 监<br>测<br>点<br>1 | 1月4日            | 8.22             |   |
| 28 |                  | 3月9日            | 8.29             |   |
| 29 |                  | 5月4日            | 8.26             |   |
| 30 |                  | 7月7日            | 8.14             |   |
| 31 |                  | 9月6日            | 8.25             |   |
| 32 |                  | 11月4日           | 7.90             |   |
| 33 |                  | $\overline{pH}$ | 8.15             |   |
| 34 |                  |                 | =AverpH(C27:C32) |   |

表4 自定义函数求降水pH平均值的方法

|    | A           | B                 | C                 | D       |
|----|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| 22 | pH平均值计算实例三  |                   |                   |         |
| 23 | 测点          | 日期                | pH                | 降水量(mm) |
| 24 | 某<br>城<br>市 | 7月14日             | 5.40              | 25.00   |
| 25 |             | 7月19日             | 5.82              | 10.00   |
| 26 |             | 7月24日             | 6.08              | 7.00    |
| 27 |             | $\overline{pH} =$ | 5.54              |         |
| 28 |             |                   | =AverpHA(C24:C26) |         |

### 5 几种方法的比较

(1) 分步计算法是最简单的方法，也是一般工作人员常常采用的方法。但工作量大，要分三个步骤，多个单元格计算，才能获得结果。

(2) 组合内置函数法虽然将分步计算法的三

个步骤综合在一起，在 C20 中输入公式后就能获得计算结果，但计算公式编写不易，容易出错，公式冗长繁琐，不便于理解和管理。受使用条件的限制，组合内置函数法不易推广使用。

(3) 自定义函数的方法使用最为方便，可像内置函数一样使用，公式简单易记，数据范围可大可小，初学 EXCEL 的人员使用也不困难。当然，在第一次使用之前，必须输入自定义函数的代码，并正确加载。

(4) VBA 编程方法功能最强大。调用编写好的宏程序模块，可自动完成整个电子表格中多个不同内容的计算任务。但是，采用此方法需要具备很好的 Visual Basic 编程语言的基础，并熟悉 EXCEL 系统。如果仅仅做单任务计算，如求 pH 平均值，使用自定义函数更具有优势。

### 6 结语

在实验室数据分析中，经常需要求解 pH 的平均值，求解工作通常在 EXCEL 中来完成。EXCEL 功能非常强大<sup>[3]</sup>，但很多人仅仅停留初级水平，远没有体现出 EXCEL 的优越性。本文详细描述了 4 种在 Excel 中求 pH 平均值的方法，并对这几种方法进行了比较和分析。自定义函数法最简单、最直观，使用方便，易于推广。掌握自定义函数法的编写与加载，可实现复杂的单任务数据处理与分析，大大提高工作效率。

## A Fast Way to Obtain Average pH Value

BAI Ai-min

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

**Abstract:** The author discusses the concept and significance of pH, as well as the steps and formula for calculating average pH value. The different calculation methods by using EXCEL are introduced and compared. It is explained how to use the given code for calculating the average pH value by custom functions.

**Key words:** hydrogen ion concentration; average pH value; EXCEL; custom function