

## 千岛湖区域酸雨污染及其管理对策

文 军<sup>1</sup>, 罗献宝<sup>1</sup>, 骆东奇<sup>1</sup>, 方志发<sup>2</sup>

(1. 广西大学, 广西 南宁 530005; 2. 淳安县环境保护监测站, 浙江 淳安 311700)

**摘要:** 千岛湖是解放初期国家在浙江西部淳安县境内建设新安江大坝之后蓄水形成的大型深水人工湖泊, 其兼具有发电、防洪、灌溉、旅游等多项功能。千岛湖先后被评为国家级重点风景名胜区和国家级森林公园, 2001 年又被评为国家 AAAA 级旅游区和国家级生态示范区。然而, 随着区域经济的发展, 尤其是工业经济的发展, 从 1996 年以来, 千岛湖的酸雨呈现为酸雨频率逐年上升的趋势, 酸雨污染已对区域生态环境构成了严重的威胁。采用 Dannie 的斯波曼 Spearman 秩次相关检验, 系统地分析了千岛湖区域酸雨发展趋势, 并从改变区域能源结构等方面提出了针对性的管理对策。

**关键词:** 千岛湖; 酸雨; 趋势分析; 管理对策

中图分类号: X517

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0189-04

## Acid Rain Pollution Trend Analysis and Management Countermeasures of the Qiandao Lake Region

WEN Jun<sup>1</sup>, LUO Xian-bao<sup>1</sup>, LUO Dong-qi<sup>1</sup>, FANG Zhi-fa<sup>2</sup>

(1. Guangxi University, Guangxi, Nanning 530005, China;

2. Supervision Station of Environmental Protection in Chun'an, County, Chun'an, Zhejiang 310035, China)

**Abstract:** The Qiandao Lake, located in Chun'an County, Zhejiang Province, is a large-scale artificial lake with diverse practical functions, such as electricity generation, flood prevention, agricultural irrigation and tourism. It came into being as a result of the Xin'anjiang Dam project in early 1950's. The Qiandao Lake has been recognized as both a key national scenic area and a national forestry park. In 2001, it was further appraised as an AAAA tourist destination and a national ecological demonstration zone. However, due to the increased regional economic development, especially industry development, the occurrence frequency of acid rain in the Qiandao Lake region has been increasing gradually since 1996, acid rain is seriously threatened the regional ecological environment. The author systemically analyzed the acid rain developing trends in the Qiandao Lake region with Dannie's Spearman rank correlation test, and target management countermeasures are proposed through changing the regional energy sources structure, etc.

**Key words:** the Qiandao Lake; acid rain; trend analysis; management countermeasures

酸雨现已成为全球性的环境问题。我国在 1981 年首次进行了全国性的酸雨普查, 结果表明 87% 被普查的省、市、自治区出现不同程度的酸雨, 目前酸雨也已成为我国严重的区域性环境问题。酸雨(acid rain), 实际是一种较为通俗的说法, 通常被定义为 pH 值小于 5.6 的降水, 包括雾、雨、雪等形式<sup>[2]</sup>。在标准状态下, 纯水的 pH 应是 7.0, 由于空气中 CO<sub>2</sub> 溶解所产生的致酸效应, 在未受其它污染物影响的自然降雨的 pH 最低可以达到 5.6, 倘若空气中存在某些致酸性的污染物, 将可能导致 pH 低于 5.6 的降水发生, 这种现象通常称为

酸雨<sup>[3]</sup>。酸雨对于整个自然环境和社会环境的危害非常严重, 其中主要有: 引起水体的酸化而导致水生生态系统的退化, 造成土壤结构退化和养分的淋失, 对森林的影响可引起树木生态系统的退化, 对旅游景观的腐蚀, 对人体健康的影响主要是造成呼吸系统功能衰退等。杭州市位于我国酸雨危害严重的地区, 全市均属于国家酸雨控制区, 其酸沉降问题十分严重。据统计, 杭州市酸雨造成的经济损失每年达 13.9 亿元。1998 年杭州全市酸雨率平均达 57.6%, 其中临安达 94.4%, 全市降水 pH 范围为 3.54~7.58。虽然千岛湖的酸雨问题自 80 年

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-05-11

作者简介: 文军(1970-), 男, 博士, 主要研究方向为环境生态旅游。

代初期已经出现,但在“十五”之前,淳安县一直属于非酸雨区或轻度酸雨区。自 1996 年后,本区域的酸雨问题迅速加重,近几年的各项酸雨指标显示,千岛湖区域已经发展成为重酸雨区。由于酸雨对于整个生态和社会系统的危害很大,对千岛湖区域酸雨污染趋势及其管理对策进行分析,为千岛湖区域酸雨防治的宏观调控提供初步依据。

### 1 研究区域及监测概况

千岛湖所在的淳安县位于浙江省西部,地处钱塘江上游,介于东经 118 21 ~ 119 20 之间,北纬 29 11 ~ 30 02 之间,1959 年新安江水电站建成后,形成了汇水面积达 10 442 km<sup>2</sup>,水域面积 573 km<sup>2</sup>,平均水深 34 m,库容量 178.4 亿 m<sup>3</sup> 的千岛湖。千岛湖所处的淳安县属山地丘陵区,由低山、丘陵、小型盆地、谷地和水库组成。地势四周高,中间低。西北大部分山地海拔在 600 ~ 1 000 m 之间,东部海拔在 400 ~ 600 m 之间。淳安全县森林覆盖率 71%。淳安县位于亚热带季风气候北缘,气候温暖湿润,雨量充沛,四季分明,光照充足。光、温、水的地域差异明显,年平均气温 17.0 ,较邻近区域偏高约 0.1 ~ 0.7 。年均降水量 1 675 mm,主要集中在 3 ~ 9 月,自 10 月至次年 2 月降水量相对较少。县境夏季最长,冬季次之,春季和秋季都较短,年均日照时数 1 951 h,年平均雨日 155 d,年平均相对湿度 76%。由于受千岛湖巨大水体的影响,无霜期在 258 ~ 266 d,较邻近地区长 16 ~ 30 d。年均蒸发量 1 381.5 mm,年平均结冰期 23.4 d,年均风速每秒 2.1 m,风向随季节转换,冬半年盛行东北风(9 月至翌年 3 月),夏半年多东南风(4 ~ 8 月),常年盛行东北风。据 1961 ~ 2000 年气象资料,年平均风速为每秒 2.1 m,各月都有大风发生,4 ~ 9 月为多发期,其中 8 月最多,9 月风速最大,6 月最小。

浙江省从 1983 年开始进行全省降水的酸性普查,1985 年起把降水中酸度测定作为逢雨必测项目,继而在全省建立了 25 个降雨监测网<sup>[4]</sup>。由于淳安县在 1996 年前属非酸雨区,此前酸雨问题并不突出,故在淳安县环境保护监测站并未设立酸雨监测点,仅在县环保大楼顶设大气降水监测点 1 个,对降水量、pH 值两项指标逢雨必测,2002 年开始监测降水电导率。淳安县的空气常规监测设华谱和港城两个监测点,分别代表生活区和生产区,所监测项目有 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、TSP、降尘、硫酸盐速率和氟化物六项。其中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 TSP 采用 24 h 自动采样,SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 每周采样 3 d,TSP 每周采样 2 d,其余项目每月采样一次。

### 2 千岛湖区域酸雨污染趋势特征分析

#### 2.1 降水的化学组成分析

由于淳安县从非酸雨区迅速转为重酸雨区仅是近年来所发生的问题,所以此前淳安县环境保护监测站并没有就酸雨污染进行详细的监测,仅在 2002 年开始监测降水的电导

率项目,整理该年数据如下表 1 所示。

表 1 千岛湖区域 2002 年降水的电导率逐月状况

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
电导率/ (ms·m <sup>-1</sup> )	3.48	5.46	4.62	2.61	2.66	1.42	1.60	--	1.53	2.60	3.18	3.81

表中数据显示,电导率的季节变化与酸雨率的变化是一致的,即是酸雨高发的一、四季度的电导率明显高于低酸雨率的二、三季度,这说明所降酸雨中含有相对高浓度的酸性电导物质。

#### 2.2 酸雨的年际变化趋势分析

调查整理了千岛湖区域 1992 ~ 2002 年的酸雨监测资料,列表如下:

表 2 千岛湖区域 1992 ~ 2002 年酸雨监测数据

年份	降水量/mm	酸雨率/%	pH 均值	最低 pH 值
1992	1170.7	31.9	5.32	4.45
1993	1596.3	7.5	5.99	5.10
1994	1564.2	23.7	5.61	4.35
1995	1758.0	24.5	5.91	5.03
1996	1084.5	0.0	6.29	5.82
1997	1470.6	28.0	5.34	4.38
1998	1437.2	58.3	4.78	4.27
1999	1654.0	78.0	4.78	4.29
2000	1152.0	84.7	4.63	3.98
2001	1488.0	92.0	4.55	4.01
2002	1960.8	89.5	4.56	4.01

资料显示,1992 ~ 2002 年期间,千岛湖区域各年总降水量的波动较大,变化范围由 1996 年的 1 084 mm 到 2002 年的 1 961 mm。酸雨率在 1996 年之前一直在 25% 以内变动,在此后各年里迅速上升,到 2000 年酸雨率首次超过 80%。在短短 5 年中,千岛湖区域由非酸雨污染区一跃成为重酸雨区(根据浙江省酸雨污染分级法)。与酸雨率变化相对应的是,降雨 pH 的平均值则出现逐年迅速下降的趋势,同样在 2000 年达到重酸雨区的分级标准。更为严重的是,降水监测的最低 pH 值同样出现迅速下降的趋势,在 2000 年后已接近对生态系统可能产生直接危害的临界值(pH= 4.0<sup>[5]</sup>)。

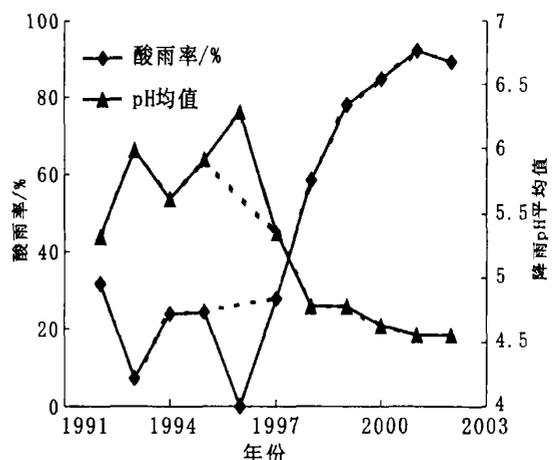


图 1 千岛湖区域酸雨和降雨 pH 值年际变化趋势图

1996 年的降雨出现了较大的异常情况, 表现为该年降雨量最低, 而酸雨率为零, 降雨平均 pH 值为 6.29, 这些指标都有明显地偏离于前后几年的降雨特征。这与水质分析部分所提及的该年水质特征出现异常现象是相一致的, 而出现这种异常现象应该与该年千岛湖流域所遭遇的洪灾有关。在上图中的虚线部分表示剔除 1996 年数据后的年度变化趋势, 从中可观察到, 酸雨问题其实在 1995 年即开始出现规律性的上升趋势。斯毕曼 Spearman 秩次相关检验结果, 降雨量系数为 0.164 (不显著), 酸雨率、pH 均值和 pH 最低值分别是 0.800、-0.782 和 -0.791, 都达到了极显著水平, 表明酸雨逐年恶化趋势的问题非常严重。

### 2.3 酸雨的季节变化趋势分析

以 2000~2002 年 3 年里大气降水监测资料作为代表, 分析近期千岛湖区域酸雨的季节变化规律, 分别计算 3 年来各季度降水监测数据(按月平均), 结果如表 3。

表 3 千岛湖区域 2000~2002 年各季度降水监测数据分析

季度	2000 年			2001 年			2002 年		
	降水量	pH 值	酸雨率	降水量	pH 值	酸雨率	降水量	pH 值	酸雨率
	/mm		/%	/mm		/%	/mm		/%
1	367.7	4.40	100.0	217.2	4.51	89.8	334.2	4.38	95.2
2	364.4	4.78	52.2	700.6	4.60	88.8	868.3	4.64	93.1
3	243.3	5.29	86.1	376.4	4.82	97.6	415.6	5.08	63.0
4	176.5	4.34	100.0	191.5	4.32	100.0	344.5	4.51	80.0

结果显示, 一、四季度的雨量占全年总雨量的比率不大, 降雨主要集中于二、三季度; 而酸雨率的分布则与之相反, 主要集中于一、四季度; 与此相对应的是, 一、四季度降雨的平均 pH 值均低于二、三季度。这说明千岛湖区域的酸雨污染存在明显的季节性变化规律。

### 2.4 酸雨各污染指标间的相关分析

对 3 年数据的降水量、pH 均值和酸雨率进行三个因素之间的交互相关系数分析, 得出结论是, 仅有酸雨率与 pH 均值二因素间存在显著的相关性, 其 r 值 (relation) 为 -0.570, 达到了极显著水平; 而其它各相关系数均无显著水平。这表明随着酸雨率的上升, 所降酸雨的平均 pH 值也在显著下降, 这种恶性项目的同步变化显示出千岛湖区域酸雨的分布具有明显的集中性特征。由于降雨量与 pH 均值和酸雨率均无显著相关, 说明由降水所产生的冲刷作用并不能完全减轻酸雨的问题, 酸雨的发生及其特征很可能更多地服从于大气中酸性物质的来源和分布规律。

## 3 管理对策

### 3.1 改变区域能源结构, 发展低能耗产业, 提高能源利用率

千岛湖区域酸雨属于硫酸型酸雨, 抑制大气 SO<sub>2</sub> 污染是防治酸雨的根本措施。应严格限制和禁止能耗高、资源浪费大、污染严重企业的发展, 大力发展质量效益型、科技先导型、资源节约型的产业, 逐步提高资源与能源消耗少、环境污染轻的第三产业的比率。目前受到治理技术和经济能力的限

制, 燃煤设施进行烟气脱硫普及性不高, 因此要限制高硫煤的生产和使用, 要大力推行煤炭的洗选, 禁止新建含硫量大于 3% 的矿井, 对于已建成含硫量大于 3% 的矿井, 逐步实行限产和关停, 新建、含硫大于 1.5% 的煤矿, 同时配套建设相应规模的煤炭洗选设备, 加快现有含硫量大于 1.5% 煤矿的改造工作, 逐步配套建设相应规模的洗选设备。

### 3.2 加强区域协作, 合理布局生产和生活设施

酸雨的形成和发展是一个逐步积累和渐进的过程, 要根本解决大气污染问题, 必须从整个大区域范围内以减少污染物排放量。在制定区域发展规划时, 要将能源规划列入区域总体规划中。酸雨的迁移性强, 因而仅仅加强对千岛湖区域的防治还不足以解决问题。酸雨这些特点决定了酸雨防治应加强区际联合与协作, 采取预防为主, 严格控制区内和区际 SO<sub>2</sub> 排放总量。从大的范围内合理布局生产生活设施, 充分利用环境容量和环境的自净能力。在城市中尽可能发展集中供热, 对确实有必要存在的小型锅炉, 也要采取有效的治理措施。

### 3.3 加强环保执法、监督与管理

加强环保执法, 依据《大气污染防治法》, 以及《国务院关于环境保护的若干问题的决定》等法律法规, 淳安县环保部门加强环保执法, 使法律发挥充分的作用, 将环境保护的国策真正落到实处。加强燃煤 SO<sub>2</sub> 排放法制管理, 尽快制定必要的法规进行控制, 强迫排放单位安装控制设备, 对污染进行限期治理, 利用经济手段加大环境管理力度, 对逾期不达标者实行关、停、禁、改、转的办法, 运用市场调节机制, 把竞争机制引入污染控制。加强脱硫设施运转状况管理, 使之能发挥效益, 并起到示范作用。对于新建项目在“三同时”中必须将安装在线或 SO<sub>2</sub> 排放监测设施纳入环境保护管理中。此外相关管理要配套跟上, 共同推进 SO<sub>2</sub> 控制工作, 如环保、经济、企业主管部门要形成合力, 共同推行从城市和区域合理环境规划、结构调整和技术节能、清洁能源使用、煤炭质量提高、高效低污染燃烧到末端治理的综合防治措施。

### 3.4 运用末端治理措施, 抓好工业 SO<sub>2</sub> 排放治理

杭州市酸雨控制区 SO<sub>2</sub> 排放负荷按行业统计主要集中在电力、冶金、化工建材等行业, 要采取专门的治理措施和治理方案, 对一些重点的 SO<sub>2</sub> 排污单位进行末端治理。对于区域化工、冶金等行业应着眼生产的全过程控制, 推行清洁生产, 对工艺落后有 SO<sub>2</sub> 排放的“十五小”企业坚决关、停、并、转, 防止死灰复燃。逐渐淘汰高污染、重能耗的落后生产工艺和生产设备。新建、扩建和改建火电机组必须同步安装烟气脱硫设施或采取其他脱硫措施, 达到 SO<sub>2</sub> 排放标准 and 总量控制指标。采取限产关停高硫煤矿、加快发展动力煤洗选、限制城市燃料含硫量等措施来减少 SO<sub>2</sub> 的排放。积极推行清洁生产, 淘汰高能耗、重污染的锅炉和工业炉窑, 改烧清洁燃料, 安装脱硫设施或采取其他有效治理措施控制锅炉、工业炉窑

SO<sub>2</sub> 排放。

### 3.5 加快 SO<sub>2</sub> 治理技术和设备的开发推广

研究和开发 SO<sub>2</sub> 污染防治技术和设备,因地制宜地筛选适用清洁煤炭能源技术,使用水洗选煤、循环硫化床燃烧脱硫和烟气脱硫等技术开发清洁煤炭能源。同时为实现酸雨和 SO<sub>2</sub> 污染控制目标,要加快脱硫技术研究、开发、推广、应用,加快示范工程建设。研制开发并推广成本较低的脱硫技术和设备。目前的脱硫技术成本较高,推广起来难度大,因此,研制和开发成本较低、经济实用的脱硫技术和设备就显得尤为重要。对于一些暂时无力对锅炉排烟进行脱硫的单位,要因地制宜,如采用型煤固硫技术,以达到减少向大气中排放 SO<sub>2</sub> 等污染物的目的。

### 3.6 提高自然能源的利用率,推行清洁能源

禁止开采石煤和燃烧石煤,大力发展煤炭替代能源,积极开发水能、风能、太阳能、生物能等清洁能源,提高清洁能源的使用率,减少 SO<sub>2</sub> 和氮氧化物等酸性物质的产生,抑制酸雨发生。区域内能源利用率低,高能耗的消费方式增加了 SO<sub>2</sub> 和氮氧化物的排放量,加剧了酸雨的危害,因此节约能源、减少煤消耗量势在必行。要积极发展高效节能技术,如高效发电、输电、用电技术,终端能源节约技术等,制定一套切实可行的节能经济政策和技术政策,促进企事业单位努力节约能源,鼓励企业应用节能技术和设备,改造工艺落后、设备陈旧和产品能耗高的设施,对能源进行综合利用;同时加强能源管理,改变原来那种粗放型的能源利用模式,杜绝跑、冒、滴、漏现象,节约能源、减少排污的工作要做到制度化、经常化、群众化和透明化。

### 3.7 调理产业结构,合理布局,做好区域 SO<sub>2</sub> 控制规划

调整产业结构,对区域内高能耗重污染工业通过产业结构调整进行转产。本区域石煤资源丰富,不少乡镇利用开采石煤矿和石灰石矿来炼石灰,由于石煤中含硫量较高,由此产生了大量的 SO<sub>2</sub> 等废物,排放到大气中,对区域大气环境质量带来了较大的负面影响。由于烧石灰的窑点较为分散,数量多,管理难度大,政府部门要尽快制定严格的控制制度,采取得力的政策与措施,加快和加大对此产业的调整。由于历史遗留问题,区域内部城镇工业布局不合理,一些 SO<sub>2</sub> 排放量相对较大的污染源分布在城区上风向居民稠密区,给城镇居民生活和工作环境带来了较大的负面影响。根据污染物排放对于区域降水的影响和环境对酸沉降的敏感程度,确定 SO<sub>2</sub> 排放总量,筛选出经济技术可行的削减方案,将其落

参考文献:

- [1] 檀满枝, 阎伍玖. 安徽省酸雨污染特征分析[J]. 环境科学研究, 2001, 14(5): 13-16.
- [2] 钟汉珍, 袁泉. 长江流域酸雨危害及对策分析[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2002, (3): 18-21.
- [3] 近藤次朗(日). 环境科学入门[M]. 刘鸿亮, 等译. 北京: 中国环境科学出版社, 1987. 12.
- [4] 徐德才. 酸雨污染与防治: 浙江区域酸雨趋势与防治对策[J]. 煤矿环境保护, 1995, 9(4): 25-28.
- [5] 黄继山, 温文保, 蔺万煌, 等. 酸雨对树木叶细胞伤害的模拟研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 219-224.

实到区域主要污染源,以控制酸沉降的发展。明确区域酸雨和 SO<sub>2</sub> 控制目标,做好区域 SO<sub>2</sub> 控制规划或其修编工作。

### 3.8 实施 SO<sub>2</sub> 排污总量收费, 试行排污许可证制度和排污交易政策

在工业污染源达标排放后的基础上实施排污许可证制度和排污交易政策是一项十分有效的管理手段。根据国务院有关规定,认真做好 SO<sub>2</sub> 排污费的征收、管理和使用工作,对一切排放 SO<sub>2</sub> 的污染源征收排污费。根据不同阶段 SO<sub>2</sub> 排放总量目标,将 SO<sub>2</sub> 排放总量控制指标分解到各企业,对其实施情况进行监督管理。SO<sub>2</sub> 污染源必须拥有与其相当的许可证,否则,过多或过少都必须以公斤为单位将 SO<sub>2</sub> 上市交易,确定其收费标准,实行排污交易。逐步实施排污收费标准高于治理成本的办,形成谁污染谁就会在经济上受损失的机制,促使排污单位积极增加投入,主动治理污染<sup>[4]</sup>。在实施 SO<sub>2</sub> 总量控制和排污许可证管理的前提下,鼓励企业最大限度的减少排放总量,追求使用最少排放指标的一种市场手段。企业节约下来的污染排放指标,既可在企业与企业间进行商业交换,也可“储存”,以备自身扩大发展之需。而那些无力或忽视使用减少排污手段、导致手中没有排放指标的企业,将应按照商业价格,向市场或其他企业购买指标。从而充分利用排污交易的方式对排污单位进行监督管理。

### 3.9 落实配套资金与设施建设,加强对区域酸雨的监测与研究

当前区域酸雨的监测均采用常规的监测方法,从监测范围、数量、频率和质量等许多方面均不能满足需要。加强配套资金的落实与相应的设施建设,改造现有的监测设施,加快监测设施的现代化和网络化建设。同时加大监测频率,对酸雨实施总量监测。当前,对千岛湖区域酸沉降现象研究极少,这与当前区域酸雨频度高, pH 值低等酸雨危害严重的客观实际是很不相称。加大对区域酸雨系列研究,深入了解区域大气环流、土壤、植被等受酸沉降的影响,以及致酸物质迁移、转化和形成机制研究。探明区域不同类型土壤酸化的机理及耐酸沉降的临界负荷,进而研究区域生态系统的酸沉降临界负荷。此外,千岛湖的酸雨问题在不断恶化的同时表现出其成因的不确定性,根据现有的监测资料尚无法明确其酸雨前体物主要来源,确定千岛湖酸雨的成因需要开展针对性的专门监测和研究,如建立酸雨监测网点、分析监测酸雨的化学组成及开展酸雨跟踪研究等。