

宁夏沙湖历年水质变化趋势分析

罗燕珠, 璩向宁

(宁夏大学 西部生态研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘要: 水质污染是中国面临的最为严重的环境问题之一, 防治水质污染已成为中国环境保护的一项紧迫的任务。以宁夏沙湖为研究对象, 运用主分量分析法和模糊综合评价法对其 2000—2009 年的水质变化情况进行了评价。绳索果发现: (1) 2000—2009 年沙湖水水质整体上呈现逐渐好转的趋势; (2) 模糊综合评价法能够反映水质污染级别, 主分量分析法则可以反映水质污染程度, 将 2 种评价方法相结合, 可以使水质评价结果更加准确、客观。

关键词: 沙湖; 水污染; 主分量分析法; 模糊综合评价法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)05-0246-04

中图分类号: X824

Variation Trend Analysis of Water Quality in Sand Lake of Ningxia Hui Autonomous Region

LUO Yan-zhu, QU Xiang-ning

(Western Ecology Research Center of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Water pollution is one of the most serious environmental problems in China, and its control has become the urgent task for our environmental conservationists. In order to improve the ecological environment of the northwest of China, it is of great importance to study and protect the lakes in the area. The Sand Lake of Ningxia Hui Autonomous Region was chosen as the study object and principal component analysis and fuzzy comprehensive evaluation method were applied to evaluate its water quality variations from 2000 to 2009. We found that the water quality was getting better during the study period. Specifically, the fuzzy comprehensive evaluation method illustrated well the water pollution levels and principal component analysis adequately detected the water pollution degrees. The results were more objective with combination of principal component analysis and fuzzy comprehensive evaluation.

Keywords: Sand Lake; water pollution; principal component analysis; fuzzy comprehensive evaluation

水质污染是中国面临的严重的环境问题之一, 防治水质污染已成为中国环境保护的一项紧迫的任务。在全球干暖气候的影响下, 内陆湖泊及其流域蒸发加剧, 降水量和入湖径流量急剧减少, 导致湖泊面积萎缩、湖泊水位下降^[1]; 同时, 由于大量的农业、工业和生活污水、废水排入湖泊, 使湖泊水资源受到了严重的污染。深入研究并加强保护这些地区的湖泊^[2], 对改善我国西北地区的生态环境有着重要的意义。

本文以宁夏沙湖为研究对象, 运用主分量分析法和模糊综合评价法, 对其 2000—2009 年的水质变化情况进行了评价。

沙湖旅游区是宁夏回族自治区的王牌景点, 水体环境是其重要的构景要素, 同时也是旅游资源开发的

核心, 大多数旅游设施、旅游项目围绕水域风光开展。随着沙湖旅游业的发展, 游客数量越来越多, 还有, 燃油快艇数量增多, 旅游垃圾未及时处理, 补给水水质较差, 这些原因使沙湖旅游区的水体出现了有机污染逐渐加重, 水质逐渐退化等环境问题, 影响了沙湖旅游业的持续发展。目前, 关于沙湖水环境质量在较大时间尺度上的研究还比较少, 要实现沙湖旅游业的持续发展, 以水质评价方法为主要手段, 空间分析为辅助工具, 全面、客观地评价沙湖水环境质量是至关重要的。水质评价的方法现有数 10 种之多, 但不知道哪种评价方法的结果更能真实地反映沙湖水质的实际状况。针对这一问题, 在选取多种方法评价的基础上, 根据结果和实际情况, 最终将主分量分析法与模

收稿日期: 2010-12-06

修回日期: 2011-01-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“宁夏沙湖旅游活动的环境效应评价研究”(40761025)

作者简介: 罗燕珠(1984—), 女(汉族), 宁夏回族自治区彭阳县人, 硕士, 主要从事水环境影响评价研究。E-mail: zhuzhu_edu@126.com。

通信作者: 璩向宁(1963—), 男(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 教授, 研究方向为环境演化、旅游地理研究。E-mail: quxing@nxu.edu.cn。

糊综合评价法互补运用,以达到充分发挥各自的优点,弥补各自的缺点。

主分量分析法不仅能客观地反映出环境系统中众多污染因子间的相互联系影响,及其对整体环境质量水平的相对贡献,而且还具有显著辨别不同污染程度的变异性能力^[3]。这是一种不考虑准则权重,不加入评估者的主观偏好,完全根据各项目在各准则下评估的结果进行综合评估的方法。与层次分析法和群组决策特征的最大不同是整个主分量分析过程不需要专家打分^[4]。

由于水环境中存在大量不确定性因素,水质级别、分类标准都是一些模糊概念,通过模糊评价法可以对受多个因素影响的事物做出全面、有效的评价。模糊综合评价法突破了精确数学的逻辑和语言,强调了影响事物因素中的模糊性,较为深刻地刻画了事物的客观属性^[5]。但是该法也存在如下不足:由于过分强调模糊信息,对白化信息(所得评价结论十分明确的信息)反而利用率不高。当考虑因素较多,各权重值较小时,取大取小运算将遗失许多有用信息,误判现象比较严重。

1 研究区概况

沙湖又称渔湖,系河流古道型湖泊,是由黄河古道洼地经过风蚀至地下水水面,地下水溢出并汇集,再接受大气降水和地面水的补给而形成的湖泊^[6]。沙湖位于宁夏回族自治区银川市以北 56 km,平罗县西南 19 km 处的国营前进农场境内,地理位置为 106°20'E,38°27'N。景区总面积 106 km²,其中水域面积 45 km²,沙漠面积 22.52 km²;丰水位 2.4 m,平水位 1.7 m,枯水位 1 m;湖面海拔 1 099 m。湖中芦苇面积占湖面积约 30%,沙丘相对湖面高 25~35 m,未开发沙丘地被覆盖率 10%~30%。该区气候干燥,年均气温 9.8℃,年降雨量仅 201.9 mm,年平均蒸发量 1 653.2 mm^[7]。

由于地处西北内陆,研究区具有典型的大陆性气候特征,同时又处在温带半干旱荒漠地区,热量丰富,日照充足,干旱少雨。沙湖发育于盐碱洼地,加之降水量远小于蒸发量,入湖水量稀少,在长期演化过程中,盐渍化现象逐渐加剧,湖水矿化度不断增加,演变成半咸水湖泊^[8]。

2 沙湖水质评价计算

2.1 沙湖水质的主分量分析^[9]

(1) 原始数据和标准化处理数据。表 1 为不同年

份沙湖水质监测原始数据。本文用的标准化公式为:

$$x_{ij}^* = (x_{ij} - \bar{x}_i) / \sigma_i$$

$$(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

式中: x_{ij}^* ——第 i 个指标第 j 个年份的标准化数据; x_{ij} ——第 i 个指标第 j 个年份的原始数据, \bar{x}_i , σ_i ——第 i 个指标的样本均值和标准差; n ——评价指标个数; p ——年份的个数。

表 2 给出了采用式(1)的标准化处理数据。

表 1 不同年份水质监测原始数据 mg/L

年份	高锰酸盐指数	生化需氧量	溶解氧	总磷	氨氮	石油类
2000	7.88	2.56	5.58	0.29	0.72	0.05
2001	8.10	3.00	7.10	0.27	0.49	0.05
2002	9.20	4.10	7.90	0.10	0.38	0.15
2003	8.60	3.10	7.20	0.11	0.40	0.10
2004	7.90	2.90	8.10	0.12	0.65	0.06
2005	9.10	2.70	7.50	0.13	0.22	0.05
2006	7.03	3.09	7.36	0.12	0.25	0.03
2007	4.30	2.20	7.30	0.03	0.51	0.06
2008	4.90	3.10	7.80	0.07	0.36	0.03
2009	7.15	2.92	7.08	0.09	0.28	0.07

注:表中监测数据来源于宁夏石嘴山环境监测站监测报告。

表 2 不同年份水质监测指标标准化数据

年份	高锰酸盐指数	生化需氧量	总磷	溶解氧	石油类	氨氮
2000	0.28	-0.83	1.87	-2.46	-0.42	1.71
2001	0.41	0.07	1.69	-0.28	-0.42	0.35
2002	1.08	2.31	-0.40	0.87	2.38	-0.29
2003	0.72	0.27	-0.26	-0.13	0.94	-0.18
2004	0.29	-0.14	-0.18	1.16	-0.03	1.29
2005	1.02	-0.54	-0.07	0.30	-0.42	-1.24
2006	-0.23	0.25	-0.15	0.10	-1.07	-1.06
2007	-1.89	-1.56	-1.22	0.01	-0.14	0.47
2008	-1.52	0.27	-0.79	0.73	-0.87	-0.41
2009	-0.16	-0.10	-0.50	-0.30	0.06	-0.88

(2) 主分量分析法。根据标准化数据表(x_{ij}^*) $n \times p$ (表 2),求 x_{ij}^* 的协方差阵:

$$C = \frac{1}{n} X X^T \quad (2)$$

式中: X^T —— X 的转置矩阵^[9]。

(3) 计算协方差阵的特征值、特征向量、贡献率、累计贡献率和荷载向量。根据累计贡献率 > 85% 的原则,取高锰酸盐指数(λ_1),生化需氧量(λ_2),总磷(λ_3)作为主分量因子进行分析。从各指标的相对贡

献率可以看出,相对贡献率最大的是高锰酸盐指数,其次是生化需氧量,余者依次为总磷、氨氮、石油类、溶解氧。

(4) 计算变量的综合指标。根据荷载向量计算变量的公共性,利用变量的公共性和原指标的标准化数据计算综合指标得分,最后根据综合得分对各年份的水环境质量进行排序,综合得分值愈大,说明水质

愈差。具体结果见表 3。

计算得出的变量的公共性为:

$$h_1=1.15, h_2=1.11, h_3=1.18,$$

$$h_4=1.07, h_5=1.15, h_6=1.16。$$

综合指标计算:

$$Y=h_1x_1+h_2x_2+h_3x_3+h_4x_4+h_5x_5+h_6x_6 \quad (3)$$

式中: h_j ——变量的公共性; Y ——综合指标。

表 3 不同年份沙湖水环境质量的综合指标值及排序

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
综合指标值	0.47	2.16	6.67	1.55	2.67	-1.12	-2.52	-4.94	-3.07	-2.16
排序	5	3	1	4	2	6	8	10	9	7

2.2 沙湖水质的模糊综合评价

模糊综合评价法的步骤^[10]:

(1) 确定评价指标。根据一定的原则和实测数据,选取评价指标,建立评价因子集。设选取的指标有 m 个,选取的评价因子记为 c_j ,则评价因子集写为 $U=\{c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_m\}$ 。

(2) 建立评价标准集。根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),将地表水水质标准分为 5 级: $n=\{I, II, III, IV, V\}$ 。

(3) 确定隶属度向量。根据 5 类水质标准,分别作出对应 5 个级别的隶属函数通式。对于极小型分布,其通式如下。

I 级水:

$$y = \begin{cases} 1 & (c_j \leq s_1) \\ (s_2 - c_j) / (s_2 - s_1) & (s_1 < c_j < s_2) \\ 0 & (c_j \geq s_2) \end{cases} \quad (4)$$

II, III, IV 级水:

$$y = \begin{cases} (c_j - s_{j-1}) / (s_j - s_{j-1}) & (s_{j-1} < c_j \leq s_j) \\ (s_{j+1} - c_j) / (s_{j+1} - s_j) & (s_j < c_j < s_{j+1}) \\ 0 & (c_j \geq s_{j+1}, c_j \leq s_{j-1}) \end{cases} \quad (5)$$

V 级水:

$$y = \begin{cases} 1 & (c_j \geq s_5) \\ (c_j - s_4) / (s_5 - s_4) & (s_4 < c_j < s_5) \\ 0 & (c_j \leq s_4) \end{cases} \quad (6)$$

式是: c_j ——评价指标实测值; s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 ——相应水质分类 1—5 级的标准值。

对于一些指标(如溶解氧),隶属函数采用极大型分布。这样就构成了评价因子与水质类别模糊关系矩阵 R 。

(4) 单因子权重集的确定。由于各评价因子对水质影响的贡献率不同,所以应赋予不同的权重值,

本文根据计算污染物的超标比情况来确定权重值,其计算公式如下:

$$\text{首先计算单因子的超标比: } I_j = \frac{c_j}{c} \quad (7)$$

对于偏大型分布指标,如溶解氧,采用上式的倒数形式。

$$\text{单因子污染权重: } a_j = I_j / \sum_{j=1}^m I_j \quad (8)$$

式中: I_j ——某评价因子的监测值相对于水质标准的超标倍数; c_j ——评价因子的实测值; c ——评价因子 c_j 各类水质标准值的平均值; a_j ——单因子污染权重。

从而获得权重集:

$$W = (a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (9)$$

(5) 综合评价同一监测点模糊矩阵:

$$B = WR = (B_1, B_2, \dots, B_m) \quad (10)$$

(6) 根据模糊矩阵综合评价结果,选取最大值对应的级别即为水质级别。

2000—2009 年运用模糊综合评价法的水质评价结果及水质等级列于表 4。

表 4 模糊综合评价法水质评价等级

年份	水质等级					评价结果
	I	II	III	IV	V	
2000	0.09	0.13	0.18	0.08	0.52	V
2001	0.17	0.12	0.08	0.09	0.53	V
2002	0.15	0.06	0.29	0.51	0.00	IV
2003	0.12	0.24	0.17	0.46	0.03	IV
2004	0.25	0.10	0.21	0.38	0.07	IV
2005	0.30	0.05	0.06	0.47	0.11	IV
2006	0.17	0.21	0.19	0.36	0.07	IV
2007	0.31	0.59	0.10	0.00	0.00	II
2008	0.25	0.37	0.28	0.11	0.00	II
2009	0.30	0.11	0.29	0.31	0.00	IV

3 沙湖水污染的的评价结果和原因分析

3.1 评价结果

通过对2种评价方法的结果分析得出,2000—2009年沙湖水水质整体上呈现逐渐好转的趋势,尤其是2007,2008年均达到地表水Ⅱ级水质标准;水质比较差的年份是2000—2005年,其水质级别均超出了Ⅲ类水质标准,未达到地面水环境质量标准(GB3838—2002)的要求。

主分量分析法通过计算各污染物的相对贡献率和累计贡献率选取主要污染因子,以此来计算各年份水质优劣程度的综合指标,最后对综合指标进行排序。虽然排序的结果直观化,可以直接地看出不同年份污染物的整体变化情况,但是不能对水质污染级别做出评判,给后续的水质污染治理工作带来一定的困难。另外,忽略了一部分污染因子,评价结果具有一定的片面性。

模糊综合评价法的最大优点是:可以对所有参与评价的污染因子进行评价,不损失任何信息,并且明确地对Ⅰ—Ⅴ类水确定出水水质评价等级。模糊综合评价法根据污染物监测值在相邻评价指标值之间的权重来确定其污染程度,最后得出模糊综合评价结果,选取最大值对应的评价等级即为水质等级。

就沙湖水水质而言,模糊综合评价法能够反映水质污染级别,主分量分析法则可以反映水质污染程度。通过对2种评价方法的结果分析发现,将2种评价方法相结合,可以使水质评价结果更加准确、客观。

3.2 原因分析

3.2.1 补给水源水质的改善 沙湖补给水源以黄河水为主,黄河水含泥沙量大,泥沙中含有大量的污染物,以前未经过处理直接汇入沙湖。最近几年考虑到沙湖水水质对其生态系统及其旅游业发展的影响,黄河水进入沙湖之前先经过澄清池处理,再流入沙湖,使进湖水水质有所改善。

3.2.2 排放污染物的集中处理 随着旅游业的快速发展,旅游人数呈上升趋势。1998年以前,旅游人数一般在25~35万人,1998年以后,旅游人数增加到50~58万人,目前沙湖每年接待的游客数量在60万左右^[6],人数的增加使排放的污染物也相应增加。从

2006年开始,随着对水质要求的提高,旅游垃圾每天有专门的环卫人员集中收集处理,不再零散堆放;其次,对餐饮、娱乐业产生的生活废水,修建了专门的排水管道流入污水处理厂处理,不再流入沙湖,使沙湖水水质得到了改善。

3.2.3 环境管理工作的加强 沙湖旅游区是在渔场的基础上建立起来的,旅游区内的管理工作人员大多是农场的工人或其家属,职业素养和思想觉悟相对有限。近几年,不定期的岗位专业培训使他们的职业素养有所提高,同时对游客也起到了同化作用,相互影响,共同提高了保护沙湖环境的意识。

4 结论

(1) 2000—2009年沙湖水水质整体上呈现逐渐好转的趋势;(2) 模糊综合评价法能够反映水质污染级别,主分量分析法则可以反映水质污染程度,将2种评价方法相结合,可以使水质评价结果更加准确、客观。

[参 考 文 献]

- [1] 曹建廷,王苏民.西北内陆湖泊主要环境问题[J].科技导报,2001(12):21-23.
- [2] 李静,孙虎,邢东兴,等.西北干旱半干旱区湿地特征与保护[J].中国沙漠,2003,23(6):670-674.
- [3] 林华荣,梁善任,韩波.大气环境质量评价的主分量综合指标法[J].中国环境监测,1995,11(3):42-46.
- [4] 姚焕玫,黄仁涛,刘洋.主成分分析法在太湖水质富营养化评价中的应用[J].桂林工学院学报,2005,25(2):248-251.
- [5] 杨平.灌区生态环境质量评价研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [6] 璩向宁.宁夏沙湖旅游开发对水体环境的影响[J].干旱区资源,2007,21(3):105-107.
- [7] 刘锦厦,张平卿.宁夏沙湖旅游区环境现状评价及发展趋势分析[J].干旱环境监测,1997,11(3):166-170.
- [8] 米文宝,樊新刚,刘明丽.宁夏沙湖水生生态系统健康评估[J].生态学杂志,2007,26(2):296-300.
- [9] 张丽,董仁杰,赵焱.主分量分析法在水资源承载力综合评价中的应用[J].安徽农业科学,2007,35(35):11568-11569.
- [10] 李祚泳,丁晶,彭荔红.环境质量评价原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004:27-30.