

云龙湖水质调查与评价

吕顺, 唐利兰, 余莉琳, 周猛, 党伟龙

(中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116)

摘要: 对云龙湖水质进行了调查与评价。在云龙湖东湖、西湖区各设置 3 个采样点, 监测水体中 TN、TP、 I_{mn} 、 NH_3-N 、DO 和 SD 指标; 分别使用模糊识别法和湖泊综合营养指数对水体进行水质评价与富营养化评价, 结果表明, 云龙湖水质级别为 III 类, 其中 TN、TP 超标明显, 水体呈现中度富营养化; 不同功能区水质差异明显, 东湖区水质优于西湖区, 云龙湖功能区划分对水体有显著影响。

关键词: 云龙湖; 水质评价; 模糊模式识别; 富营养化

中图分类号: X824 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2011)01-0047-04

Water Quality Investigation and Evaluation for Yunlong Lake

LV Shun, TANG Lili, YU Lili, ZHOU Meng, DANG Weibing

(School of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116 China)

Abstract The water quality of Yunlong Lake had been investigated for environmental evaluation. TN, TP, I_{mn} , DO, SD, NH_3-N , and transparency were monitored in 3 sampling sites at eastern and western parts of the lake. The levels of water quality and eutrophication were computed by using fuzzy pattern recognition and TLI index. The results of evaluation showed that water quality of Yunlong Lake belonged to III level of water quality, TN and TP were out of limits of state surface water standard, lake water was mesotrophication, different function areas had the water quality different significantly, water quality in eastern part lake was better than that of in western part. functional regionalization of the lake had obvious impact on water quality.

Key words Yunlong Lake; Water quality assessment; Fuzzy pattern recognition; Eutrophication

云龙湖位于江苏省徐州市南郊, 是一座集灌溉、防洪、旅游、水产养殖为一体的浅水型湖泊, 水面面积为 5 812 km², 平均水深为 1.67 m, 校核洪水位 37.14 m, 相应库容量为 951.9 万 m³[1]。库区年降雨量为 845.1 mm, 年蒸发量为 902.0 mm, 流域内河流在没有大雨和暴雨的情况下, 地表径流几乎为零, 云龙湖容量小, 水源匮乏, 自净能力低, 不具备蓄洪、纳污能力[2]。

近几年来, 一些学者对云龙湖水体做了一系列的研究, 但大多集中在对云龙湖整体水质研究与评价。云龙湖划分为东、西两湖区(两湖区间有通道相连), 其中东湖区为娱乐区, 西湖区为养鱼区和生态保护区[2], 因而这些评价具有一定的局限性。现对云龙湖东西两湖区进行调查, 应用数学模型对

湖区水质进行评价, 以期对云龙湖水体的环境保护提供科学依据。

1 调查方法

1.1 点位设置

依据《湖泊和水库采样技术指导》设置 6 个采样点, 分别为: 养鱼区、玉带河入口处、垂钓区、云龙湖出水口、水上娱乐区、千亩荷塘区, 见图 1[2]。

云龙湖水深 1.0 m ~ 3.0 m, 每采样点设一个测点, 测点位于水面下 50 cm 处。

1.2 采样时间及分析方法

收稿日期: 2010-09-13 修订日期: 2010-10-31

基金项目: 中国矿业大学科研训练基金资助项目(090621)

作者简介: 吕顺(1989-), 男, 安徽巢湖人, 在读本科, 专业研究方向为环境科学。

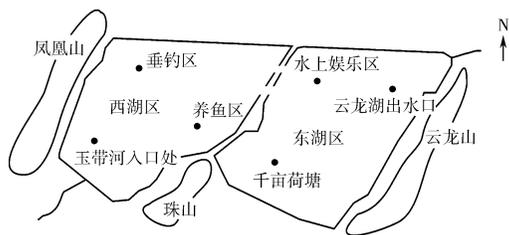


图 1 云龙湖采样点位置分布

Fig 1 Sampling sites in Yunlong lake

于 2009 年 8 月—2010 年 3 月, 依据徐州地区月降水量分布可将采样时期划分为丰水期 (8—9 月份)、平水期 (10—11 月份) 和枯水期 (1—3 月份)。每个时期内各采样 2 次, 共采样 6 次。根据《水和废水监测分析方法》(第四版), 监测指标: TN (碱性过硫酸钾消解—紫外分光光度法)、 I_{Mn} (酸性法, 《GB 11892-89》)、 NH_3-N (水杨酸分光光度法)、TP (钼酸铵分光光度法)、DO (碘量法) 和 SD (塞氏盘法)。

1.3 监测结果

不同时期云龙湖的东西湖区水质监测结果见表 1。

表 1 东西湖区各时期水质监测结果 mg/L
Table 1 Monitoring results of eastern and western lakes in different period mg/L

时期	功能区	TN	TP	NH_3-N	I_{Mn}	DO	SD ^①
丰水期	东湖区	1.76	0.102	0.535	4.52	7.26	0.94
	西湖区	1.88	0.127	0.612	4.94	6.82	0.89
平水期	东湖区	1.89	0.088	0.618	5.70	7.55	0.88
	西湖区	1.85	0.110	0.527	5.84	7.18	0.80
枯水期	东湖区	1.93	0.099	0.729	5.87	7.71	0.77
	西湖区	2.02	0.136	0.732	6.27	6.67	0.70

① 单位为 m_e

2 评价方法

依据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 和《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395-2007) 进行评价。

2.1 地表水评价方法

选取 TN、TP、 NH_3-N 、 I_{Mn} 、DO 等指标进行评价, 采用模糊识别评价模型^[3-5]。

对 n 个样本的 m 项指标矩阵 $X_{n \times m}$, m 项指标的 C 级评价标准矩阵 $Y_{c \times m}$, 对从 1 级到 C 级指标标准特征值减少的指标, 利用规格化公式 (1) (2),

对从 1 级到 C 级指标标准特征值增加的指标。利用公式 (3) (4), 分别求出指标的相对隶属度矩阵 R 和标准的相对隶属度矩阵 $S^{[15-17]}$ 。

$$R_{ij} = \begin{cases} 0 & x_{ij} \leq y_{ic} \\ \frac{x_{ij} - y_{ic}}{y_{i1} - y_{ic}} & y_{i1} > x_{ij} > y_{ic} \\ 1 & x_{ij} \geq y_{i1} \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{ih} = \begin{cases} 0 & y_{ih} \leq y_{ic} \\ \frac{x_{ih} - y_{ic}}{y_{i1} - y_{ic}} & y_{i1} > y_{ih} > y_{ic} \\ 1 & y_{ih} \geq y_{i1} \end{cases} \quad (2)$$

$$R_{ij} = \begin{cases} 0 & x_{ij} \leq y_{ic} \\ \frac{y_{ic} - x_{ij}}{y_{ic} - y_{i1}} & y_{i1} > x_{ij} > y_{ic} \\ 1 & x_{ij} \geq y_{i1} \end{cases} \quad (3)$$

$$S_{ih} = \begin{cases} 0 & y_{ih} \leq y_{ic} \\ \frac{y_{ic} - y_{ih}}{y_{ic} - y_{i1}} & y_{i1} > y_{ih} > y_{ic} \\ 1 & y_{ih} \geq y_{i1} \end{cases} \quad (4)$$

式中: R_{ij} ——样本 j 指标特征值对 P 的相对隶属度;

y_{i1} , y_{ic} ——指标的 1 级、 c 级标准特征值;

S_{ih} ——级别 h 指标的 i 标准特征值对 P 的相对隶属度;

y_{ih} ——级别 h 指标 i 的标准特征值。

因各评价因子对水质贡献不同, 采用污染因子贡献率求指标权重, 计算如公式 (5) 所示:

$$w_i = x_i / \bar{S}_j \quad (5)$$

式中: x_i ——指标 i 实测的均值;

\bar{S}_j —— i 指标各级标准平均值。

归一化处理得权重矩阵 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。

同时, 设样本对级别的相对隶属度为 u_{hj} , 满足归一化约束条件。

采用最小二乘法求解最优化模糊矩阵。构造目标函数, 使全体对相对于各标准式间的加权广义距离平方和最小^[15], 见公式 (6)。

$$\min [F(u_{hj})] = \sum_{j=1}^m \min \left\{ \sum_{h=1}^c u_{hj}^2 \left[\sum_{j=1}^m w_{ij} (R_{ij} - S_{hj}) \right]^p \right\}^{2/p} \quad (6)$$

式中: u_{hj} ——样本 j 对级别 h 的相对隶属度;

P ——距离参数, $P=1$ 为海明距离, $P=2$ 为欧氏距离。

构造 Lagrange 函数^[3], 最终求出样本对于 h 级评价标准的最优相对隶属度模糊识别模型为:

$$u_{hj} = \begin{cases} 0 & h < a_j \text{ 或 } h > b_j \\ \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n [w_{ij} (R_{ij} - S_{h_j})]^p}{\sum_{i=1}^n [w_{ij} (R_{ij} - S_{k_j})]^p} \right\}^{-1} & a_j \leq h \leq b_j, d_{hj} \neq 0 \\ 1 & d_{hj} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

2.2 富营养化评价

依据湖泊富营养化评价标准, 选取 TN、TP、 M_n 和 SD 指标, 采用湖泊综合营养指数^[8-10]进行富营养化评价。

$$TLI(SD) = 51.8 - 19.4 \ln(SD)$$

$$TLI(TP) = 94.36 + 16.24 \ln(TP)$$

$$TLI(TN) = 54.53 + 16.94 \ln(TN)$$

$$TLI(M_n) = 1.09 + 26.61 \ln(M_n)$$

式中: $TLI \leq 30$ 贫营养; $30 < TLI \leq 50$ 中营养; $50 < TLI \leq 60$ 轻度富营养; $60 < TLI \leq 70$ 中度富营养; $TLI > 70$ 重度富营养。

3 评价结果

3.1 地表水评价结果

使用模糊模式识别模型, 计算不同时期不同功能区相对于标准《地表水环境质量标准》(GB 3838 - 2002) 各类水质的级别隶属度, 见表 2。

表 2 东西湖不同时期水质级别隶属度

Table 2 Water quality levels of eastern and western lakes in different period

时期	功能区	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	水质级别
丰水期	东湖区	0.028	0.033	0.844	0.087	0.008	III 类
	西湖区	0.044	0.051	0.646	0.242	0.017	III 类
平水期	东湖区	0.043	0.049	0.674	0.217	0.017	III 类
	西湖区	0.043	0.052	0.512	0.371	0.022	III 类
枯水期	东湖区	0.064	0.121	0.689	0.105	0.021	III 类
	西湖区	0.066	0.118	0.645	0.143	0.028	III 类

由表 2 可见, 云龙湖对 III 类隶属度最高, 表明云龙湖为 III 类水体。从 III 类水质隶属度值大小来看, 丰水期水质稍优于平水期, 平水期略优于枯水期, 原因可能是丰水期降水量多, 对水体稀释作用大; 东西湖区水质差别比较显著, 东湖区水质优于西湖区。

(1) 功能区的划分有关, 东湖为娱乐区, 西湖

为养鱼区、生态保护区, 养鱼区的残余饵料以及鱼类排泄物中含有机物、氮和磷等物质^[2], 对水质造成一定的影响。

(2) 云龙湖上游玉带河将一定量有机物、氮和磷等污染物带入云龙湖西湖区, 但由于玉带河的水量较小, 对云龙湖水质影响的程度有限, 故影响水质差异的主要因素是水体功能区的划分。

3.2 富营养化评价结果

依据湖泊富营养化评价标准, 选取 TN、TP、 M_n 和 SD 指标, 评价结果见表 3。

表 3 不同时期各湖区富营养指数

Table 3 Eutrophication index of different area in different period

时期	功能区	TLI(TN)	TLI(TP)	TLI(M_n)	TLI(SD)	富营养程度
丰水期	东湖区	64.08	57.29	43.74	52.38	轻度
	西湖区	65.19	60.85	46.32	53.44	轻度
平水期	东湖区	65.32	54.89	49.11	53.66	轻度
	西湖区	64.93	58.51	50.68	55.51	轻度
枯水期	东湖区	65.68	56.80	51.24	56.25	轻度
	西湖区	66.41	61.96	53.37	58.11	中度

由表 3 可见, 云龙湖水体处于轻度富营养化状态。不同时期水体的富营养化程度存在差异, 富营养化程度表现为: 丰水期 < 平水期 < 枯水期; 东湖区的富营养化程度轻于西湖区, 这与地表水水质评价结果(2.1)相似, 表明功能区的划分对富营养化程度影响较为显著。在湖泊富营养化中, $\rho(TN) / \rho(TP) > 10$ 主要为磷限制; $\rho(TN) / \rho(TP) < 10$ 主要为氮限制。由表 1 可见, 云龙湖水体富营养化主要是磷限制, 故重点控制磷的排放, 对减轻云龙湖富营养化状况具有重要作用。

4 结论

云龙湖属于 II 类水体, 满足景观娱乐用水水质要求; 水体 TN、TP 超标严重, 表明水体已呈现轻度

富营养化, 其中磷是富营养化主要限制因子。两功能区的水质差异比较显著, 相比而言, 东湖水质稍优于西湖, 表明功能区的划分对云龙湖水质产生显著影响。

5 建议

应合理控制人工养鱼规模, 减轻渔业养殖对水质影响; 加大云龙湖水体的补水量和取水量, 促使水体的流动; 限制磷排放, 建立云龙湖水质监测系统和水系安全预警系统, 防止富营养化进一步加剧; 种植水葱、蒲苇等水生植物^[5], 既可以改善水体富营养化, 也可以娱乐观赏。

[参考文献]

- [1] 万成炎, 唐支亚, 陈光辉, 等. 云龙湖水库的理化特性和初级生产力评价 [J]. 水利渔业, 2005 (1): 53- 55.
- [2] 熊集兵, 刘汉湖, 张满满, 等. 徐州市云龙湖不同功能区水质监测及富营养化评价 [J]. 中国农村水利水电, 2010 (5): 72

- 74.

- [3] 赵春容, 赵万民. 模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用 [J]. 环境科学与技术, 2009 33 (3): 180- 183.
- [4] 王宪恩, 张海华, 赵文晋, 等. 模糊模式识别理论在规划环境影响评价中的应用 [J]. 吉林大学学报 (理学版), 2006, 44 (1): 138- 141
- [5] 孙文章, 曹升乐. 东昌湖水水质评价分析 [J]. 山东大学学报 (工学版), 2007, 37 (6): 95- 97
- [6] 张晟, 宋丹, 张可, 等. 三峡水库典型支流上游区和回水区营养状态分析 [J]. 湖泊科学, 2010, 22 (2): 201- 207.
- [7] 徐祖信, 姜雅萍. 湖泊营养状态的综合水质标识指数评价及检验 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2009 37 (8): 32- 33.
- [8] 郑晓红, 汪琴. 淀山湖水质状况及富营养化评价 [J]. 环境监测管理与技术, 2009 21 (2): 68- 70.
- [9] 王明翠, 刘雪芹, 张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准 [J]. 中国环境监测, 2002, 18 (5): 47- 49
- [10] 张利民, 夏明芳, 王春. 江苏省 12 大湖泊水环境现状与污染控制建议 [J]. 环境监测管理与技术, 2008 20 (2): 46- 50

本栏目责任编辑 李文峻 薛光璞

(上接第 41 页)

> 春季 > 冬季, 交通密集区 > 居民区。醛酮类污染物主要来源于大气中有机物的光化学反应, 甲醛与乙醛、甲醛与丙酮有较好的相关性, 乙醛与丙酮有一定的相关性。

[参考文献]

- [1] KM K H, HONG Y J, PALR, et al Investigation of carbonyl compounds in air from various industrial emission sources [J]. *Chemosphere*, 2008 70 (5): 807- 820.
- [2] SANTARSERO A, FUSELLIS Indoor and outdoor air carbonyl compounds correlation elucidated by principal component analysis [J]. *Environmental Research*, 2008 106 (2): 139- 147
- [3] CHRISTENSEN C S, SKOV H, NIELSEN T, et al Temporal variation of carbonyl compound concentrations at a semi rural site in Denmark [J]. *Atmospheric Environment* 2000 34 (2): 287- 296
- [4] HO K F, LEE S C, LOUIE P K K, et al Seasonal variation of carbonyls compound concentrations in urban area of Hong Kong [J]. *Atmospheric Environment* 2002 36 (8): 1259- 1265.
- [5] GROSJEAN D, GROSJEAN E, MOREIRA L F R. Speciated ambient carbonyls in Rio de Janeiro, Brazil [J]. *Environmental Science & Technology*, 2002 36 (7): 1389- 1395.
- [6] KEAN A J, GROSJEAN E, GROSJEAN D, et al On-road measurement of carbonyls in California high duty vehicle emis-

sions [J]. *Environmental Science & Technology*, 2001 35 (21): 4198- 4204.

- [7] POSSANZIN IM, PALO V D, PETRCCA M, et al Measurement of lower carbonyls in Rome ambient air [J]. *Atmospheric Environment* 1996 30 (22): 3757- 3764
- [8] US EPA. EPA Method TO-5 Method for the determination of aldehydes and ketones in ambient air using high performance liquid chromatography (HPLC) [EB/OL]. [2009- 11- 21] www. caslab. com /EPA-Method-5.
- [9] 徐竹, 庞小兵, 牟玉静. 北京市大气和降雨中醛酮化合物的污染研究 [J]. *环境科学学报*, 2006 26 (12): 1948- 1954.
- [10] 冯艳丽, 陈颖军, 文晟, 等. 广州大气中羰基化合物特征 [J]. *环境科学与技术*, 2007, 30 (2): 51- 55.
- [11] 冯艳丽, 陈颖军, 文晟, 等. 广州东站室内停车场空气中羰基化合物调查 [J]. *环境污染与防治*, 2006 28 (11): 863- 865
- [12] 迟玉广, 李中阳, 冯艳丽, 等. 广东鼎湖山空气中羰基化合物含量的调查 [J]. *环境科学学报*, 2008 28 (11): 2347- 2353
- [13] 占永革, 黄湘燕, 汪晓军. 城市不同区域空气冷凝水的化学组成 [J]. *环境监测管理与技术*, 2009, 21 (4): 54- 57
- [14] 李锦菊, 伏晴艳, 吴逐名, 等. 上海大气面源 VOCs 排放特征及其对 O₃ 的影响 [J]. *环境监测管理与技术*, 2009 21 (5): 28- 31.
- [15] ALTSHULLER A P. Production of aldehydes as primary emissions and from secondary atmospheric reactions of alkenes during the night and early morning hours [J]. *Atmospheric environment* 1993, 27 (1), 21- 32