

徐州市云龙湖不同功能区水质监测 及富营养化评价

熊集兵^{1,2}, 刘汉湖², 张满满², 徐 亚², 周东来², 梅克冰²

(1. 江苏省资源环境信息工程重点实验室, 江苏 徐州 221008; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:以云龙湖东、西湖两大不同功能区为对象, 研究两大不同功能区富营养状况程度, 为云龙湖富营养化的合理预测、防治提供基础和理论依据。在云龙湖东、西两湖区各设3个采样点, 对两大不同功能区进行了调查研究。主要测定了总氮、总磷、透明度和叶绿素物化指标。结果表明: 云龙湖东、西两湖已处于富营养化状态, 且西湖区要比东湖区严重。说明功能区的不同, 将会对水体富营养化的程度造成影响。

关键词: 云龙湖; 富营养化; 评价模型; 水质指标; 功能区差异

中图分类号: X524 文献标识码: A

Water Quality Monitoring and Eutrophication Evaluation of Different Function Areas of Yunlong Lake in Xuzhou City

XIONG Ji bing^{1,2}, LIU Han hu², ZHANG Man man², XU Ya², ZHOU Dong lai², MEI Ke bing²

(1. Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China;
2 School of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China)

Abstract: Yunlong Lake is a shallow lake located in the southern suburb of Xuzhou City. Its surface area is 5.8 km². Now it is already listed in province level scenic spots. Currently, Yunlong Lake is a famous scenic spot and also functions as a reservoir, a fishery, a municipal facility for flood control and so on. In these years, eutrophication has happened to Yunlong lake. There are now some researchers only from the angle of total eutrophication. In this paper, the eastern and western part of Yunlong Lake are selected as subjects. It serves as a reasonable foundation and research basis for eutrophication in Yunlong Lake. In the whole lake, six sampling points are set. Three points are set in eastern and western parts respectively. The water body's eutrophication of different function areas is analyzed in this paper. TN, TP, SD, chlorophyll are measured to evaluate the degree of eutrophication of Yunlong Lake. It can be concluded from the analysis that the eastern and western parts of Yunlong Lake are already eutrophic, the western part is more severe than the eastern part. It is shown that the water quality of the western and eastern parts is different because of their distinct functions.

Key words: Yunlong Lake; eutrophication; evaluation models; index of water quality; differences between function areas

0 引言

富营养化问题已经成为全世界范围内普遍存在的环境问题, 水体富营养化不仅使水体丧失应有功能, 而且严重破坏水体的生态平衡, 使水质恶化, 从而不能满足生产功能和生活需要, 制约着人类社会和经济的发展, 已引起世界各国的普遍关

注^[1-3]。

云龙湖位于江苏省徐州市南郊, 地处云龙山下的奎河上游, 是一座具灌溉、防洪、旅游、水产养殖等多功能的中型水库。1984年被江苏省政府批准为省级风景名胜, 1994年与杭州西湖结为“姊妹湖”, 2002年景区被水利部评选为国家级水利风景区。原水面 5.8 km², 陆地 5.6 km², 包括新近开发的小南湖景区(总面积 1.661 km², 其中水域面积 0.962 km²), 云龙湖水面面积已达到 6.76 km², 陆地面积 6.3 km²(含小南湖景区)。以湖中路为界, 东湖周长约 8.1 km, 西湖长约 7 km, 全湖周长约 12 km(不包括小南湖)。以功能论, 东湖游览区以水上活动和参观游览为主, 西湖游览区以生态保护和养渔为主。随着城

收稿日期: 2009-10-04

基金项目: 教育部重大培育基金项目(705824)。

作者简介: 熊集兵(1976), 男, 博士, 讲师, 主要从事水体富营养化预防与控制研究。

市经济的快速增长, 云龙湖已出现一定程度的富营养化问题, 2002 年市政府投资 5 000 万元对云龙湖进行环湖截污工程, 并建设 3 座防污泵站, 使云龙湖水水质得到较大改善。

目前云龙湖水体污染的主要途径为: ①流域内污染物直接排入湖水; ②通过大雨、暴雨形成地表径流将污染物带入; ③补库调水水源带来污染; ④湖面降水(包括阵雨、降雪、阵雾等)中含有污染物质; ⑤湖面降尘造成湖水污染; ⑥空气中的有害气体溶于湖水中形成水质污染; ⑦固体污染物向湖中抛洒形成的水质污染。

云龙湖由于其重要性, 最近几年受到徐州政府的高度重视, 采取了一系列措施, 关于云龙湖富营养化的研究及评价也较多^[4,5]。但是这些文献都是以云龙湖整体为对象进行评价的, 因云龙湖分养殖、娱乐、景观等不同功能区, 这种评价有一定的局限性, 合理评价云龙湖不同功能区水质及水体富营养化程度对于云龙湖污染防治具有重要作用。

本次研究先对云龙湖东、西两湖水体进行布点采样, 并进行水质指标测定, 然后采用富营养化评价模型对云龙湖东、西两湖区进行富营养化评价, 最后根据东、西两湖区评价结果, 给出合理的建议。

1 实验材料和方法

1.1 监测点的设置

依据湖泊的监测断面和采样点位的确定原则, 本次共设采样点 6 个, 采样点具体布置见图 1。

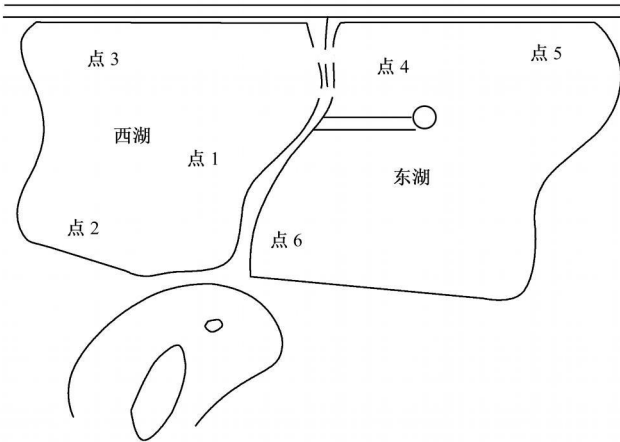


图 1 云龙湖调查采样点分布图

点 1 为养鱼区; 点 2 为玉带河入口; 点 3 为垂钓区; 点 4 为水上娱乐区; 点 5 为云龙湖出水口即通过溢洪道流入故黄河; 点 6 为千亩荷塘区。

因为云龙湖水深为 1.0~ 3.0 m, 故每个采样点只采一个水样。1、2、3 点位于西湖区, 4、5、6 点位于东湖区。

1.2 采样时间及测定方法

本次实验周期是 2008 年 4 月 19 日- 5 月 16 日, 采样频率是 7 d, 共采样 5 次。本文选择总氮(碱性过硫酸钾消解- 紫外分光光度法)、总磷(钼酸铵分光光度法)、透明度(塞氏盘法)和叶绿素 *a* (Chla) (分光光度法) 为指标, 对云龙湖东、西两湖区水体富营养化进行评价。

1.3 研究方法

本文选用评价模型中的卡森指数法^[6,7]对云龙湖进行富营养化评价。

卡森指数法表达式为:

$$TSI(SD) = 10(6 - \frac{\ln SD}{\ln 2})$$
$$TSI(Chla) = 10(6 - \frac{2.04 - 0.18 \ln Chla}{\ln 2})$$
$$TSI(TP) = 10(6 - \frac{\ln(\frac{48}{TP})}{\ln 2})$$

式中: *TSI* 为卡森营养状态指数

2 结果和讨论

2.1 单项水体理化指标值

近十几年, 研究者从各个角度对云龙湖水体评价进行了评价, 1996 年陈实^[8]通过云龙湖水生生物的种类组成和密度的调查, 运用多样性指数对湖水水质进行了生物学评价, 发现当时云龙湖处于富营养化状态, 2005 年万成炎等^[9]从云龙湖的理化特性和初级生产力对云龙湖的水体富营养化进行了评价, 也得出了云龙湖处于富营养状态。依据我国滇池等富营养化评价标准(见表 1), 并从表 2 中 TN、TP、SD 和 Chla 指标测定的结果值可知, 云龙湖已处于中富营养化状态。从总体上看, 同一时间西湖区各指标值基本上大于东湖区的各指标值, 这说明功能区的划分对水体富营养程度有直接的影响。

表 1 我国湖泊富营养化单项评价标准

营养状态	SD/ m	TP/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	Chla/ (mg · m ⁻³)
贫营养	2.0	0.010	0.12	5
贫中营养	1.5	0.025	0.30	10
中营养	1.0	0.050	0.60	15
中富营养	0.7	0.100	1.20	25
富营养	0.4	0.500	6.00	100
重富营养	< 0.1	> 0.500	> 6.00	> 100

表 2 云龙湖水质监测结果

采样日期/ 月-日	TN/ (mg · L ⁻¹)		TP/ (mg · L ⁻¹)		SD/ m		Chla/ (mg · m ⁻³)	
	西湖	东湖	西湖	东湖	西湖	东湖	西湖	东湖
04-19	1.74	1.39	0.24	0.17	0.53	0.56	26.30	17.96
04-25	1.72	1.13	0.29	0.26	0.51	0.53	98.56	77.52
05-02	2.30	1.74	0.27	0.17	0.49	0.52	47.98	45.93
05-09	3.39	3.10	0.25	0.21	0.50	0.52	34.80	32.98
05-16	1.74	1.37	0.68	0.66	0.49	0.50	38.66	35.09

2.2 富营养化综合评价

应用卡森指数法表达式对各个采样点各个时间的富营养化程度进行计算, 得 TP、TN、SD 和 Chla 的 *TSI* 值, 计算结果见表 3, 并参照表 4 中水体富营养化水平分类标准, 确定云龙湖东、西湖区富营养化程度。

表3 云龙湖东西湖富营养化综合评价

采样日期/ 月-日	TSI(TP)		TSI(SD)		TSI(Chla)	
	西湖	东湖	西湖	东湖	西湖	东湖
04-19	83.04	78.33	69.12	68.26	62.64	58.90
04-25	83.94	84.21	69.75	69.20	75.61	73.25
05-02	84.90	78.52	70.41	69.54	68.54	68.12
05-09	84.02	83.77	69.91	69.46	65.39	64.87
05-16	98.29	97.81	70.22	70.09	66.42	65.47
富营养程度	富营养	富营养	富营养	富营养	富营养	富营养

表4 富营养水平分类

富营养程度	贫营养	中营养	富营养
评分值	≤30	≤50	>50

从 $TSI(TP)$ 来看,云龙湖处于富营养化状态,且富营养化较为严重;从 $TSI(Chla)$ 和 $TSI(SD)$ 来看,云龙湖也处于富营养化状态,与 $TSI(TP)$ 相比较而言,富营养化程度较轻。从总体上看,同一时间西湖区总指标值基本上大于东湖区的各指标值,这说明功能区的划分对水体富营养程度有直接的影响。云龙湖东、西两湖区水质及富营养化存在差异,主要有以下原因:

(上接第71页) 网格类型(如本文中三角形网格与四边形网格混合),都能进行计算,并且保持良好的和谐型和稳定性。

文中采用了一个浅水动力学中经典算例对格式进行了检验,模型计算网格采用三角形网格与四边形网格混合网格。根据模型计算结果分析,该和谐有限体积法较好的模拟了算例,表现出良好的稳定性和和谐性,并且与一些文献中其他算法的模拟效果表现出良好的一致性。

本文中计算格式尚存在以下不足,格式在计算精度上尚需进一步提高,并且在干湿边界处理上处理不足,针对这些缺点,有待下一步对算法进行进一步研究改进。

参考文献:

[1] Zhou J G, Causon D M, Mingham C G, et al. The surface gradient method for the treatment of source terms in the shallow water equations[J]. Journal of Computational Physics, 2001, 168(1): 1–25.

[2] ZHOU J G, CAUSON D M, INGRAM D. M. Numerical solutions of the shallow water equations with discontinuous bed topography[J]. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2002, 38(8): 769–788.

[3] 许为厚, 潘存鸿, 林炳尧, 等. 钱塘江河口涌潮数值模拟方法研究[C]//第十六届全国水动力学研讨会文集. 北京: 海洋出版社, 2002.

[4] E Audusse, F Bouchut, M Bristeau, et al. A fast and stable well balanced scheme with hydrostatic reconstruction for shallow water flows[J]. SIAM Journal on Scientific Computing, 2004, 25(6): 2050–2065.

[5] B D Rogers, A G L Borthwick, P H Taylor. Mathematical balancing of flux gradient and source terms prior to using Roe’s approximate Riemann solver[J]. Journal of Computational physics, 2003, 192(2): 422–451.

[6] P Brufau, M E Vázquez Cendón, P. Garázar Navarro. A numerical model for the flooding and drying of irregular domains[J]. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2002, 39(3): 247–275.

因: ①徐州市对云龙湖东西湖区有着不同的功能区划, 东湖区为娱乐区, 西湖区为养鱼区和生态保护区。在水产养殖中, 投饵和鱼类排泄废物, 直接或间接的向水体增加有机物或无机物, 一旦这些物质质量超过水体的自净能力后, 水体容易发生富营养化。另一方面, 娱乐区的水上活动如划船等可以使水体表层的溶解氧等增加, 增强了水体的自净能力。因此, 不同的功能区划会对水质产生不同的影响。②云龙湖上游水经玉带河流入西湖区, 会带来一定量的营养物质, 西湖区必然首先受到上游水质的影响, 但由于云龙湖基本上是静水湖, 云龙湖上游水量较小, 所以上游水对云龙湖的影响不是很大, 东西湖的差异主要是由于不同的功能区划引起的。

3 结 语

通过对云龙湖水体的水质进行采样测定并进行评价, 可以得出目前云龙湖水体已经处于富营养化状态, 个别时间富营养化严重; 相比而言, 富营养化程度东湖区较西湖区轻, 由此可知, 两湖区的水质存在着差异。

(下转第77页)

[7] J S Lai, W D Guo, G F Lin, et al. A well balanced upstream flux-splitting finite volume scheme for shallow water flow simulations with irregular bed topography[J]. International journal for numerical methods in fluids, 2009.

[8] E Audusse, M Bristeau. A Well balanced positivity preserving ‘second order’ scheme for shallow water flows on unstructured meshes[J]. Journal of Computational physics, 2005, 206(1): 311–333.

[9] 谭维炎. 计算浅水动力学——有限体积法的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.

[10] 韩 涛, 逢 勇, 翟金波, 等. 浅水方程的间断有限元解法[J]. 中国农村水利水电, 2007, (9): 23–26.

[11] H. K Versteeg, W Malalasekera. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method[M]. New York: Prentice Hall, 1996.

[12] S P Spekreijse. Multigrid solution of the steady Euler equations[J]. Cwi Tract, 1988, 46: 153.

[13] 于普兵. 二维浅水水流数值模拟技术研究——无结构网格有限体积法[D]. 南京: 南京水利科学研究院, 2006.

[14] Brett F. Sanders, Jochen E. Schubert, Humberto A. Gallegos[J]. Journal of Hydrology, 2008, 368(1–2): 19–38.

[15] A Serrano Pacheco, J Murillo, P Garázar Navarro. A finite volume method for the simulation of the waves generated by landslides[J]. Journal of Hydrology, 2009, 373(3–4): 273–289.

[16] 潘存鸿. 三角形网格下求解二维浅水方程的和谐 Godunov 格式[J]. 水科学进展, 2007, 18(2): 204–209.

[17] R J LeVeque. Balancing source terms and flux gradients in high-resolution Godunov methods: the quasi-steady wave-propagation algorithm[J]. Journal of Computational Physics, 1998, 146(1): 346–365.

[18] S Bryson, Y Epshteyn, A Kurganov, et al. Well Balanced Positivity Preserving Central-Upwind Scheme on Triangular Grids for the Saint-Venant System[J]. Mathematical Modeling and Numerical Analysis, 2009.

4.3.4 其余功能需求合理水面率

由于生态、景观、气候调节、健康保健及文化娱乐等功能对城市水面的要求也难以具体量化界定,国内外相关研究成果也只是更多从定性分析角度进行阐述,尚未见到相关的定量分析成果。本研究建议将此类功能对水面率的需求结合防洪排涝的要求一起综合考虑,在土地利用较为充裕的区域可结合滞洪功能、周边城镇建设考虑营造适量的生态缓冲区、城市人工水体和水文化景观。从这点来说,上述功能对水面率的影响也应服从于防洪排涝的要求。

4.3.5 综合功能需求基本水面率确定

以上就各种功能对水面率的要求进行了详细分析,可看出流域基本水面率主要取决于防洪排涝功能的要求。由于流域现状水面率为 3.13%,而防洪排涝要求水面率比现状提高 0.5%,因此综合功能需求的基本水面率定为 3.63%。

4.4 流域水面率指标确定综合分析

根据前面分析,规划水面率指标的合理值应在 3.63%~5.04%,本研究选取的合理水面率规划目标为:近期水平年(2015 年)为 4%;远期水平年(2020 年)为 4.5%。

5 流域水面率目标实现的对策措施

5.1 工程措施

为实现上述水面率目标,观澜河流域水环境综合治理过程中,拟采取的工程措施包括河道清淤、拓宽、暗涵明渠化、滞洪区建设、人工湖开挖以及结合水质改善建设的人工湿地等,具体统计汇总见表 3。

表 3 观澜河流域各街道近远期水面率目标

分 项	河道 拓宽	河道 复苏	滞洪区	人工湖	湿地	其他 措施	合计
近期水面增加/km ²	0.97	0.026	0.23	0.27	0.41	0.215	2.11
近期水面率增加/%	0.402	0.011	0.097	0.115	0.171	0.091	0.89
远期水面增加/km ²	-	-	-	-	1.18	-	1.18
远期水面率增加/%	-	-	-	-	0.5	-	0.5

(上接第 74 页)

根据云龙湖两个湖区的富营养化程度不同的情况,云龙湖的富营养化防治建议从以下几个方面进行:①实施科学养鱼或禁止人工养鱼,减少水产养殖对水质的影响。②保护和恢复湖滨带。在保护现有湖滨带的基础上把湖边地恢复为湖滨带,能减少因为冲刷等作用而导致污染物入湖。③行政性控制对策。对于云龙湖这样的城市内湖,生活污水中的磷是其主要来源。因此,应该尽可能通过行政手段控制含磷洗涤剂的生产及销售。

参考文献:

[1] 张仙娥,周孝德,冯成洪. 糯扎水库富营养化预测研究[J]. 中国农村水利水电, 2007, (2): 120- 121.

[2] 许文杰,陈为国,张晓平. 湿地水体富营养化评价与可持续发展研究[J]. 中国农村水利水电, 2007, (9): 9- 11.

5.2 非工程措施

(1) 水面率指标的强制化。建议把水面率指标纳入到深圳生态城市建设的指标体系中,在城市用地规划中也应作为一个强制性的控制指标。

(2) 现状水面的保护。随着流域开发的进一步加剧,水面率仍然会维持下降的趋势。因此,在实施水面恢复计划的同时,还必须切实做好现有水面的保护工作。

(3) 水面水质的保护。对观澜河流域而言,水面水质的彻底改善是水环境综合整治的难点和症结,它直接影响到水面能否发挥出应有的各种功效。

6 结 语

通过以上的系统分析和研究,得出以下结论。

(1) 观澜河流域现状水平年(2007 年)水面率为 3.13%,规划近期水平年(2015 年)的合理水面率为 4.0%,远期水平年(2020 年)为 4.5%。

(2) 此水面率目标可通过河道清淤、河道拓宽、河流恢复、滞洪区修建、水库扩建、人工湖开挖、湿地兴建、水质改善等措施实现,说明所制定的水面率指标合理具有可实施性。

(3) 水面的修复还需借助于水面率指标的强制化、现状水面的保护、水面水质的保护等非工程措施。

(3) 通过水面率目标的制定,为河道及子系统规划的用地控制提供了依据,同时也丰富了深圳市生态城市的建设指标体系。

参考文献:

[1] 张志飞,郭宗楼,王士武. 区域合理水面率研究现状及探讨[J]. 中国农村水利水电, 2006, (4): 58- 60.

[2] SL431-2008, 城市水系规划导则[S].

[3] 王超,王沛芳. 城市水生态系统建设与管理[M]. 科学出版社, 2004.

[3] 袁志宇,赵斐然. 水体富营养化及生物控制[J]. 中国农村水利水电, 2008, (3): 57- 59.

[4] 郝红艳,单爱琴,纪振,等. 徐州市云龙湖富营养化特征分析及评价[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(2): 111- 112.

[5] 蒋涛,李多松,张凯. 徐州市云龙湖水质的模糊数学综合评价[J]. 环境研究与监测, 2007, 20(3): 16- 19.

[6] Yokel R A. Aluminum chelation principles and recent advances [J] Coordination Chemistry Reviews, 2002 (228): 97- 113.

[7] 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.

[8] 陈实. 云龙湖水生生物监测及富营养化评价[J]. 江苏环境科技, 1996, (4): 14- 17.

[9] 万成炎,唐志亚,陈光晖,等. 云龙湖水库的理化特性和初级生产力评价[J]. 水力渔业, 2005, 25(1): 53- 55.