

文章编号: 1672 3031 (2005) 01-0071-04

洱海水体富营养化的演变及其研究进展

韩涛¹, 彭文启², 李怀恩¹, 毛战坡²

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 中国水利水电科学研究院 水环境研究所, 北京 100038)

摘要: 本文分析了 1992~2001 年洱海水质监测数据, 得出洱海富营养化的变化趋势; 综述了洱海水体富营养化的演变进程以及近年来对洱海富营养化的研究成果; 提出了引水济洱, 建设湖滨带湿地生态恢复系统, 走可持续发展与生态恢复之路来解决洱海富营养化问题的思路, 为保护和治理洱海提供科学依据。

关键词: 洱海; 富营养化; 水质; 演变

中图分类号: X524

文献标识码: A

洱海位于东经 $100^{\circ}05' \sim 100^{\circ}17'$, 北纬 $25^{\circ}36' \sim 25^{\circ}58'$ 之间, 地处云南大理白族自治州中心地带, 是云南高原第二大淡水湖。湖泊呈耳状分布, 南北长, 东西窄。该湖正常水位 1 974.00m (海防高程), 水面面积 249.80km^2 , 汇水面积 $2\,565.0\text{km}^2$, 补给系数约为 10.6; 最大水深 21.0m, 平均水深 10.5m, 库容 28.8 亿 m^3 。本文对洱海水体富营养化的演变过程及相关的研究成果和进展作了综述。

1 洱海水体富营养化的演变

洱海位于大理市境内, 具有供水、农灌、发电、航运、水产养殖、旅游等多种功能, 对大理地区的发展起着举足轻重的作用。大理州水环境监测分中心从 20 世纪 70 年代开始监测洱海水质, 根据资料表明, 20 世纪 70 年代前, 洱海水量充沛, 水质优良, 生物多样性丰度较高。20 世纪 70 年代中期以后, 由于受人类活动干预, 湖泊水位下降, 湖面面积缩小, 水质受非点源污染严重, 致使流域生态环境发生变迁, 生物多样性遭到破坏, 湖泊富营养化步伐加快^[1-7]。到 1985 年, 洱海水质已由贫营养级转到贫中营养级, 1988 年洱海水质又进入到中营养级^[8], 20 世纪 90 年代之后, 洱海整体上处于中营养水平, 但各项水质项目的监测值均呈上升趋势, 说明洱海水质正由中营养级向中富营养级转变。表 1 为 1992~2001 年洱海各水质项目的监测值及其富营养化评价结果。

表 1 洱海水质项目检测值及富营养化评价结果

项 目	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
透明度/m	3.97	3.36	3.36	3.0	3.45	3.22	3.59	3.34	3.10	3.63
BOD ₅ /(mg/l)	0.96	0.86	0.51	0.57	0.75	1.34	1.39	1.37	1.12	1.57
高锰酸盐指数	3.40	1.65	1.39	1.39	1.53	1.64	2.04	2.53	2.46	2.59
总氮/(mg/l)	0.20	0.30	0.25	0.29	0.22	0.28	0.38	0.30	0.32	0.34
总磷/(mg/l)	0.014	0.017	0.016	0.015	0.020	0.020	0.020	0.030	0.027	0.025
藻量/(10 ⁴ 个/l)	99.6	111.2	99.6	162.3	169.0	285.0	985.0	1131.0	593.0	706.0
营养级	中营 养									

注: 表 1 中的数据取自文献 [9]。

由表 1 中的数据, 可以绘出 1992~2001 年洱海各水质项目变化趋势如图 1~5 所示。

收稿日期: 2004 08 11

作者简介: 韩涛 (1979-), 男, 河南范县人, 硕士生, 从事水资源保护研究。

E-mail: 98hantao@sina.com

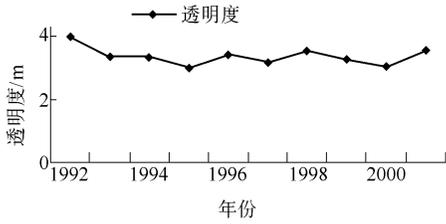


图1 洱海透明度变化趋势

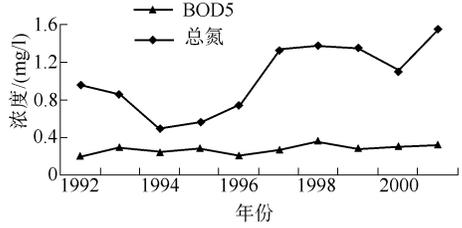


图2 洱海总氮、BOD5 浓度变化趋势

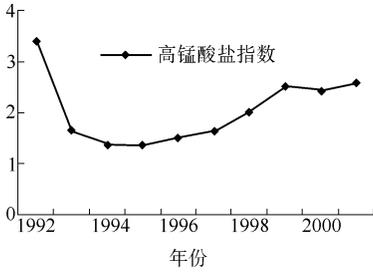


图3 洱海高锰酸盐指数变化趋势

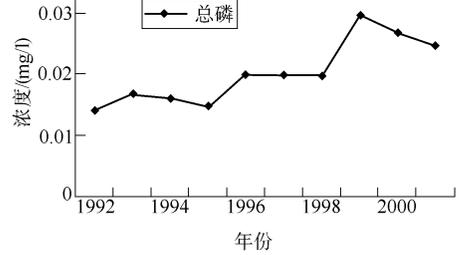


图4 洱海总磷浓度变化趋势

从表1和图1~5可以看出,虽然1992~2001年洱海的富营养化水平处于中营养级阶段的同一级别,但总氮浓度、总磷浓度、高锰酸盐指数都呈上升趋势,藻类数量也明显增加,这都说明洱海的富营养化程度有所增加,正处于中营养向中富营养化转变阶段。为此必须引起重视,采取积极有效的措施,控制洱海富营养化的进一步发展。

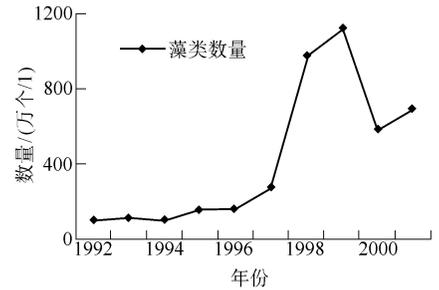


图5 洱海藻类数量变化趋势

2 洱海富营养化研究进展

20世纪70年代以前,洱海的水质较好,对洱海的研究侧重于洱海的物种上。20世纪70年代中期以后,随着人类对洱海的开发活动不断加剧,洱海水质逐渐变差,其生态环境也发生了变迁,而对洱海的科研活动也逐渐活跃和深入,主要对洱海的生态、水化学特征、水位、沉积物、地质演变、富营养化调查等作了初步研究^[10]。20世纪90年代以来,相关部门对洱海的研究工作更为重视。“八五”期间(1991~1993年),由云南省科委与联合国区域开发中心(UNCRD)合作,完成了《中华人民共和国云南省大理洱海湖区综合开发和环境管理规划合作研究》,取得了诸多成果。1995~1996年由联合国环境规划署(UNEP)和联合国开发计划署(UNDP)援助,实施了《洱海流域可持续发展的投资规划和能力建设》,内容包括:洱海流域生物多样性保护,洱海水质监测系统项目,洱海流域非点源污染管理项目,工业污染控制项目,污水管理项目,固体废弃物管理项目及洱海流域综合研究项目等。从多方面保护了洱海水体及流域环境。

近年来,研究人员从不同的角度提出了治理和保护洱海的有效措施。主要包括以下几方面:(1)控制外源营养物质的输入。措施有:在洱海流域发展沼气,处理人畜粪便和生活垃圾^[11];控制面源污染,加强洱海主要入流水质的监测管理^[12];管理好旅游客船生活垃圾的排放^[13];以“无害化、减量化、资源化”三化原则治理环湖区固体废弃物;完善大理市城市排水系统;防治工业污染物排放;减少畜牧业对洱海及周围环境造成的污染等。(2)控制湖体内源营养物质的释放。研究成果有:清除目前污染较严重地区的内源,包括污染底泥疏浚、围埝建造、堆场余水处理及堆场景观恢复^[14];整治网箱养鱼,取消机动渔船,防治湖内污染源^[15];控制湖滨区鱼塘向洱海排换水^[16]等。(3)对水体实施生态修复。包括:恢复湖泊的水生植被^[17],吸收N、P等营养物质,限制藻类生长;恢复和保护洱海流域森林资源,减少水土流失;湖滨带生态功能恢复^[18,19]等。(4)增蓄洱海水位。在漫长的历史演变中,洱海湖水位在不断变化,由于近年来人为因素的影响,洱海水位迅速下降,水资源短缺,入

不敷出,湖水中营养物浓度增加,加快了水体富营养化的进程,给湖区发展带来了诸多不利影响。有研究人员提出,应当增加洱海蓄水量,提高洱海水位,研究相应的水资源配置设施,合理利用洱海水资源,以利于洱海生态环境的保护^[20]。(5) 系统规划,综合管理。针对洱海湖区的优势及制约因素,分析湖区发展的机遇和挑战,提出湖区未来发展的思路和目标,以寻求既发展社会经济又不牺牲洱海的生态环境,走可持续发展道路^[21-23]。

3 洱海研究展望

综上所述,近20年来对洱海的科研工作中,在水环境污染治理方面取得了许多令人鼓舞的成果。但在以往实际的工程实施方面,较注重对外源污染和内源释放的控制和治理,对已经造成的生物多样性危机^[7]和湖泊湿地退化没有予以足够的重视,因此如何保护洱海生物多样性和洱海的可持续发展以及对洱海生态环境的科学管理应是今后研究的重点。作者认为,洱海蓄水量是维持洱海生物多样性和洱海周围生态环境最基本的要素,随着流域内的人口增加和经济发展,用水量也日益增大,造成洱海水量常年入不敷出,虽然对洱海水资源的合理开发和利用在一定程度上可以缓解其供水压力,但要从根本上解决洱海水量供需之间的矛盾,减缓洱海富营养化进程,恢复洱海生态环境,为洱海补充水量,引水济洱才是可持续发展之路;同时可辅以实施控制外源污染和内源释放的治理措施,建设湖滨带湿地生态恢复系统,走生态恢复之路,以期及早有效地解决洱海的富营养化问题。

参 考 文 献:

- [1] 吴庆龙,王云飞. 洱海生物群落的历史演变分析 [J]. 湖泊科学, 1999, 11 (3): 267- 273.
- [2] 杜宝汉. 日中洱海生态调查 [J]. 海洋与湖沼, 1994, 25 (5): 532- 538.
- [3] Eisma D, Sun S, Song X, Thomasse E. Sedimentation in Erhai Lake, Yunnan Province, China [J]. Journal of Lake Science, 2000, 12 (1): 25- 27.
- [4] 倪长健. 洱海的富营养状态发展趋势的灰色预测 [J]. 成都信息工程学院学报, 2001, 16 (2): 117- 118.
- [5] 董云仙. 洱海蓝藻水华的研究 [J]. 云南环境科学, 1999, 18 (4): 28- 31.
- [6] 赵凤琴. 洱海水质分析及综合评价 [J]. 云南环境科学, 1998, 17 (3): 35- 37.
- [7] 潘红玺,王云飞,董云生. 洱海富营养化影响因素分析 [J]. 湖泊科学, 1999, 11 (2): 184- 188.
- [8] 杜宝汉. 洱海富营养化研究 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (2): 86- 92.
- [9] 李宁波,李锦胜,李杰君. 洱海 1992~ 2001 年水质现状及变化趋势分析 [A]. 大理洱海科学研究 [C]. 北京: 民族出版社, 2003. 317- 323.
- [10] 杜宝汉. 洱海科研的回顾与前瞻 [J]. 大理科技, 1999, (2): 48- 50.
- [11] 包世杰. 关于发展沼气保护洱海的思考 [A]. 大理洱海科学研究 [C]. 北京: 民族出版社, 2003. 258- 261.
- [12] 杨苏树,倪喜云. 大理州洱海流域农业非点源污染现状 [J]. 农业环境与发展, 1999, 2: 43- 44.
- [13] 黄兴鹏. 对治理高原湖泊客船生活污染的思考 [J]. 云南交通科技, 1999, 25 (5): 34- 35.
- [14] 尚榆民,刘滨,早合兴. 大理洱海污染底泥疏浚及处理 [A]. 大理洱海科学研究 [C]. 北京: 民族出版社, 2003. 351- 358.
- [15] 戴自福. 洱海湖内污染源调查分析 [A]. 大理洱海科学研究 [C]. 北京: 民族出版社, 2003. 402- 406.
- [16] 熊国中,戴自福,沈兵. 洱海湖滨区鱼塘污染状况调查研究 [J]. 云南环境科学, 2000, 19 (3): 32- 34.
- [17] 董云仙,谢建平,董云生,等. 洱海水生植被资源及其可持续利用途径 [J]. 生态经济, 1996, 5: 15- 19.
- [18] 颜昌宙,叶春,刘文祥. 云南洱海湖滨带生态重建方案研究 [J]. 上海环境科学, 2003, 22 (7): 459- 464.

(下转第 78 页)

- [22] Li Y, Ghodrál M. Preferential transport of nitrate through soil columns containing root channels [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58: 653– 659.
- [23] Kamau P A, Ellsworth T R, Boast C W, et al. Tillage and cropping effects on preferential flow and solute transport [J]. *Soil Sci*, 1996, 161 (9): 549– 561.
- [24] Zeng Y, Gartzler C J, Payton R L, Anderson S H. Fractal dimension and lacunarity determined with x ray computed tomography [J]. *Soil Sci. Soc. AM. J.*, 1996, 60: 1718– 1724.

Research on features and ecological function of plant root channel

WANG Xue-dong^{1,2}, LI Gui-bao², WANG Dian-wu¹, XUE Bao-min¹

(1. *Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China*; 2. *Dept. of Water Environment, IWHR, Beijing 100038, China*)

Abstract: The soil macropore could contain some preferential flow, which would lead to groundwater pollution. The root channel of plant is one kind of soil macropore and has a special function in the groundwater pollution. The paper summarized the features and ecological function of plant root channel, which differs from the soil macropore of other types. The research on plant root channel would be able to offer some references for better understanding of soil macropore and to provide a new idea of solving environmental problem related to soil and groundwater.

Key words: soil macropore; root channel; ecological function; groundwater pollution

(责任编辑: 吕斌秀)

(上接第 73 页)

- [19] 张晴波. 云南洱海湖滨带生态恢复工程基地修复方案研究 [J]. *水运工程*, 2002, (10): 45– 47.
- [20] 王祖兴, 罗金良. 洱海人工增雨蓄水实验研究 [J]. *大理科技*, 2002, (1): 36– 40.
- [21] 杜宝汉. 浅析洱海生态环境可持续发展 [J]. *生态经济*, 1999, (4): 56– 58.
- [22] 杜宝汉. 洱海生态环境恶化及综合治理对策研究 [J]. *海洋与湖沼*, 1994, 25 (3): 312– 318.
- [23] 谢立鹤, 董云仙. 论洱河流域可持续发展 [J]. *云南环境科学*, 2003, 22: 27– 29.

Evolution of eutrophication in the Erhai Lake and its relevant research progress

HAN Tao¹, PENG Wei-qi², LI Hua-en¹, MAO Zhan-po²

(1. *Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China*

2. *Dept. of Water Environment, IWHR, Beijing 100038, China*)

Abstract: The authors analyzed the water quality data monitored in the Erhai Lake from 1992 to 2001 and elicited the trend of eutrophication of the lake. The evolvement of Erhai Lake's eutrophication is analyzed and the relevant recent researches are summarized. It is thought that the measures of diverting clear waters from nearby water sources to Erhai Lake and constructing wetland eco-recovery systems along the lake shore would be wise ways and sustainable methods. It could solve the problem of eutrophication and resume the eco-environment of Erhai Lake. This concept would provide a scientific bases for the protection and management of Erhai Lake.

Key words: Erhai Lake; eutrophication; water quality; evolution

(责任编辑: 吕斌秀)