

1985—2019 年洱海总氮时空变化规律分析

张浩霞

(大理白族自治州环境监测站, 云南 大理 671000)

摘要:根据洱海总氮监测数据, 对 1985—2019 年洱海总氮质量浓度时空变化趋势进行了分析, 结果表明, 1985—2019 年, 洱海湖体总氮年均值呈现波动中上升趋势, 于 2006 年达到历史峰值。洱海总氮质量浓度在空间上的分布表现为北部断面浓度较高, 其次为南部, 中部浓度略低; 在同一断面中, 近岸点位浓度较高, 湖心点位较低。总氮多年月均值变化显示, 2002—2019 年湖体总氮多年月均浓度年内呈现较明显的季节变化规律, 月均最大值出现于 8 月和 9 月, 最小值出现于 3 月和 4 月。洱海 7 条主要入湖河流总氮年均值均高于洱海湖体, 影响洱海水体变化。

关键词:总氮; 时空变化; 分析; 洱海

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673 - 9655 (2020) 06 - 0004 - 07

0 引言

洱海属内陆断陷湖泊, 是云南省第二大淡水湖泊^[1-2]。湖体南北长, 东西窄, 外形如耳, 故名洱海。洱海海拔 1964.3 ~ 1966.0m, 南北长 42.5km, 最大湖宽 8.4km。最大水深 21.3m, 平均水深 10.6m。当湖面水位 1966m 时, 湖面面积 252.91km², 容积 27.94 亿 m³。

洱海补给水主要为大气降水和入湖径流, 径流区内有河流 117 条, 主要的入湖河流北有弥苴河、罗时江和永安江等, 西部有苍山十八溪, 南部有波罗江, 东部有玉龙河和凤尾箐等。洱海出湖口有 2 个, 天然出湖口为西洱河, 全长 23km, 流向澜沧江^[3]。人工出湖口为引洱入宾工程。

洱海是大理市主要饮用水源地, 也是苍山洱海国家自然保护区和苍山洱海国家级风景名胜区的核心组成部分, 具有城市用水、景观旅游、农灌以及调节气候等多种功能, 是大理市乃至整个流域社会经济可持续发展的基础。但是近 30 多年来, 随着湖区经济的快速发展和人口的急剧增长, 人类对其自然资源的开发不断加剧, 使其生态环境逐渐恶化, 水质呈不断下降的趋势^[3-4]。总氮一直是影响洱海湖体水质的首要污染物, 现基于大理州环境监测站 1985—2019 年洱海水体水质监测数据, 分析了近 30 年来洱海水体总氮演变趋势, 重点分析 2002—2019 年洱海总氮质量浓度时空变化规律, 以期今后洱海总氮污染防治提供参考。

1 研究方法

1.1 监测概况

大理州环境监测站对洱海湖体开展总氮等水质例行监测始于 20 世纪 80 年代, 30 多年间洱海水体水质监测点位、监测频次不断变化。2002 年以前, 监测点位(垂线)为 9~12 个, 监测频次为枯丰平三水期每期进行两次监测, 每年监测 6 次; 2002 年以来, 水质监测由北至南共布设 4 个断面, 每个断面由东向西布设监测点位 3 个, 共 12 个测点, 每个测点采集分析表层、底层水样各一个, 监测频次为每月 1 次全年监测 12 次; 2012 年至今按照国家相关要求, 洱海水体水质监测点位由 12 个调整为 11 个。



图1 洱海水体水质监测断面示意图

收稿日期: 2019 - 04 - 22

1.2 监测方法及评价标准

总氮监测分析方法采用《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》(GB 11894 - 89, HJ 636 - 2012), 依据《GB 3838 - 2002 地表水环境质量标准》《地表水环境质量评价方法(试行)》(环办^[2011]22号)进行评价。

1.3 监测数据统计

采用大理州环境监测站 1985—2019 年洱海监测数据进行统计, 以其算术平均值参与分析计算。

2 结果分析

2.1 洱海湖体总氮年度变化分析

20 世纪 70 年代以前, 洱海水量充沛, 水质优良, 水生生物资源丰富, 水生生态系统处于良性循环状态^[4]。80 年代, 其生物多样性丰度高, 对营养盐的吸收转移作用良好, 是国内主要湖泊、水库中营养的代表性湖泊^[1]。20 世纪八、九十年代洱海湖体水质一直稳定在 II 类, 从 21 世纪初开始, 湖体水质受总氮影响恶化为 III 类, 总氮一直是决定洱海湖体水质类别的首要污染物, 1985—2019 年其年均值在 0.20 ~ 0.66 mg/L, 呈波动中上升趋势。图 2 为 1985—2019 年洱海湖体总氮年均值变化。

1985—2003 年, 湖体总氮质量浓度呈上升趋势。自 20 世纪 80 年代以来, 由于自然与人类活动的影响, 洱海生态环境发生了较大的变迁, 80 年代中期至 90 年代中期大力发展的洱海网箱养鱼^[5], 以及旅游业日渐兴旺、洱海周围过度开发, 致使生态破坏严重, 入湖污染负荷不断增加, 洱海水质逐渐恶化, 湖体总氮呈较快增长趋势, 1985—2002 年, 湖体总氮处于 II 类水质, 2003 年总氮明显上

升, 超过 II 类标准限值。1996 年和 2003 年秋季, 洱海两次暴发大面积蓝藻水华^[1,4,6,7], 特别是 2003 年 7、8、9 三个月洱海水质急剧恶化, 透明度降为不足 1m, 总氮月均浓度最大值达到 1.16 mg/L, 水质下降到 IV 类; 2003 年湖体总氮年均质量浓度达 0.61 mg/L, 较 1985 年的年均值上升 52.5%。

2004—2014 年, 总氮质量浓度呈波动下降趋势。1996 年洱海蓝藻水华暴发后, 当地政府实施了多种治理措施, 包括“双取消(取消洱海机动渔船动力设施和取消网箱养鱼)”“三退三还(退塘还湖、退耕还林、退房还湿地)”“洱海湖滨带建设”“湿地恢复”“农村面源污染治理”“底泥疏浚”“洱海禁渔”“洱海上游鱼类自然保护区建设”等^[8]。2004—2014 年湖体总氮呈下降趋势, 在 2006 年反弹上升达到 0.66 mg/L 的极大值, 2008 年和 2014 年总氮年均质量浓度回落到 II 类水质。2014 年湖体总氮年均质量浓度为 0.49 mg/L, 较 2003 年下降 19.7%。

2015—2019 年, 总氮质量浓度呈上升趋势。洱海湖盆较封闭, 补给系数较小, 换水周期较长, 从成因上形成了生态环境脆弱性一面^[9], 加上湖体自身老年化等因素, 尽管洱海保护治理已投入大量资金, 特别是 2016 年实施抢救性保护行动以来, 外源入湖污染负荷控制取得了一定成效, 但湖泊水质并没有得到明显改善, 湖体总氮质量浓度仍然呈现上升趋势, 刘思儒等^[10]研究认为洱海水体环境因子变化导致沉积物氮磷释放通量增加, 对洱海水质, 特别是对藻类水华发生具有较大影响。2019 年洱海湖体总氮年均质量浓度为 0.60 mg/L, 较 2014 年上升 22.4%。

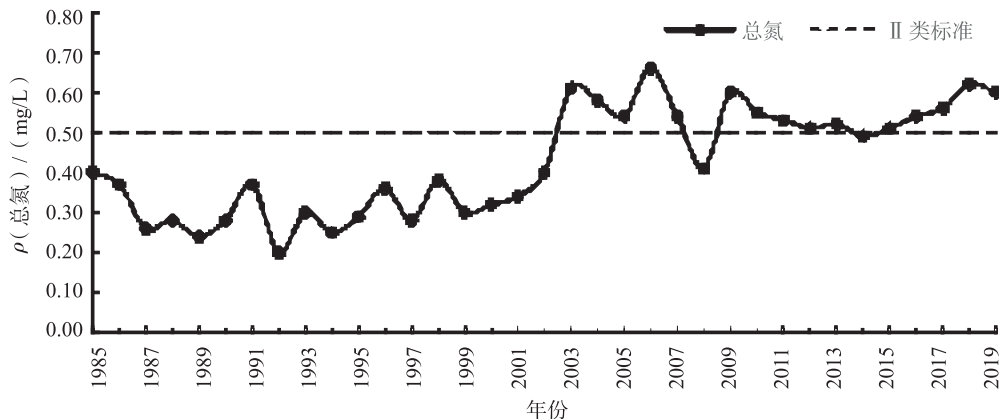


图2 1985—2019年洱海湖体总氮质量浓度变化

2.2 湖体总氮质量浓度时空变化分析

2.2.1 湖体总氮质量浓度空间变化规律

洱海由北至南分别为桃源—双廊、喜洲—康

朗、龙龕—塔村和小关邑—石房子断面。图 3 (a) (b) (c) (d) 为 2002—2019 年洱海湖体与南北向各断面总氮质量浓度变化。

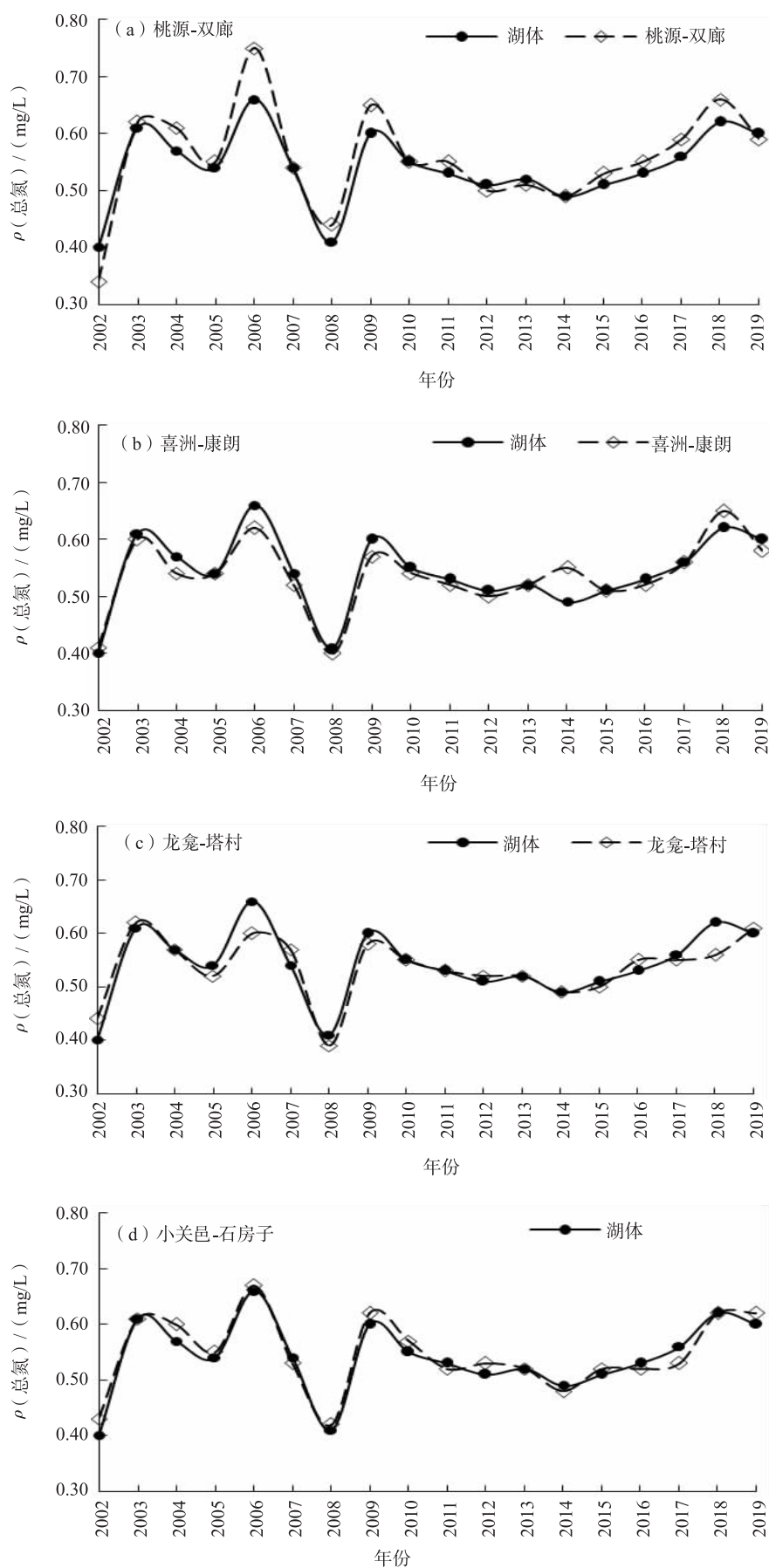


图3 2002—2019年洱海湖体与南北向4个断面总氮质量浓度变化

2002—2019年,洱海4个断面总氮质量浓度呈先上升,后波动下降,后又上升趋势,与全湖总氮质量浓度变化趋势基本一致。4个断面总氮年均质量浓度处于0.34~0.75mg/L,最大值和最小值均出现于桃源—双廊断面。北部桃源—双廊和南部小关邑—石房子两个断面总氮质量浓度均高于洱海全湖均值,中部的喜洲—康朗和龙龕—塔村两个断面总氮质量浓度较洱海全湖均值略低。

洱海由西向东分为西部、中部和东部,各包含

4个测点。图4(a)(b)(c)为2002—2019年洱海湖体与东西向各断面总氮质量浓度变化。

2002—2019年,洱海西部、中部和东部总氮质量浓度变化趋势与洱海湖体基本一致,西部、中部、东部总氮年均质量浓度处于0.40~0.68mg/L,最大值出现在西部,最小值出现于西部和东部。西部总氮质量浓度明显高于洱海湖体均值;中部和东部总氮质量浓度基本与湖体持平。

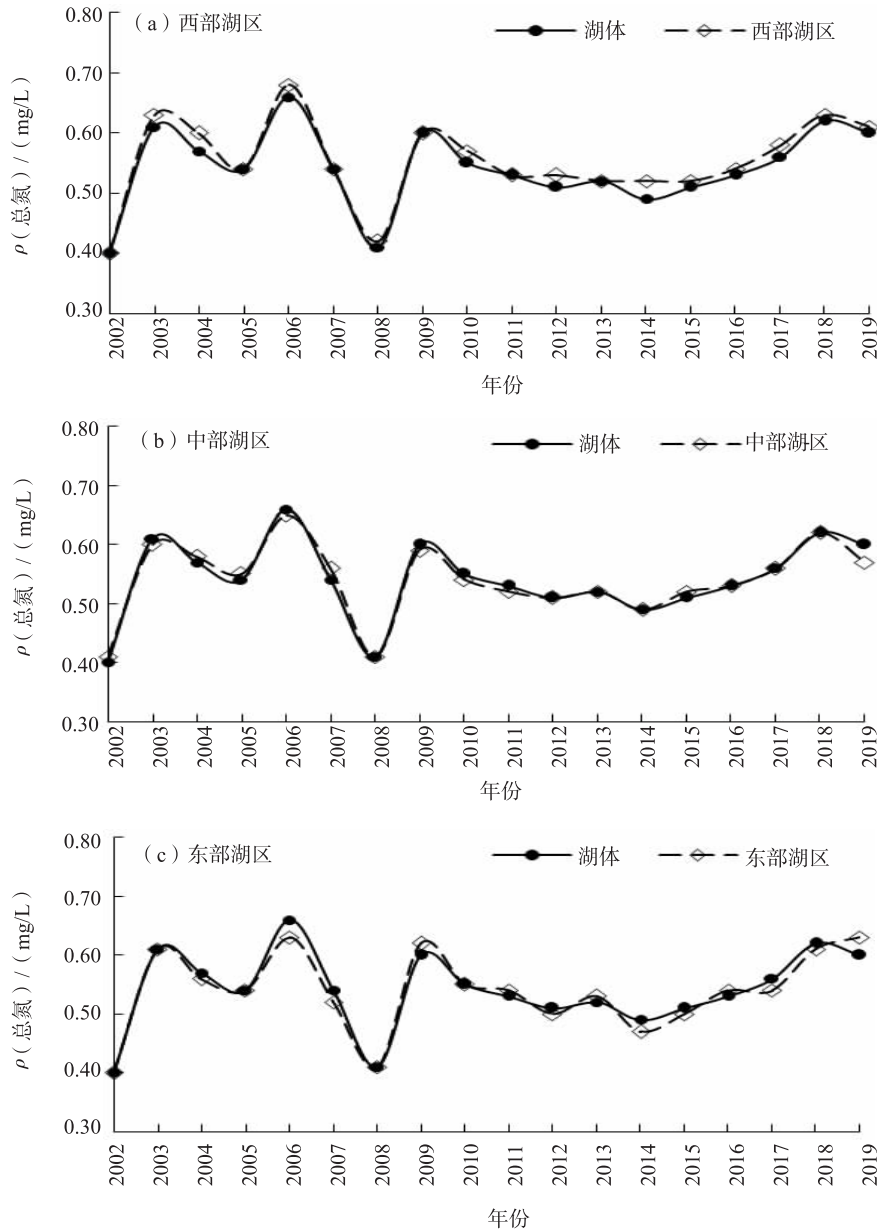


图4 2002—2019年洱海湖体与东西向3个断面总氮质量浓度变化

图5为洱海各点位总氮多年均值分布示意图,由图可见,洱海总氮质量浓度在空间上的分布表现为北部浓度较高,其次为南部,中部浓度略低;在同一断面中,近岸点位浓度较高,湖心点位较低;

近岸点位受到流域内生活污水和农业面源的影响较大,人口密度大处点位浓度明显高于人口密度低处。

其中较为特殊的是小关邑—石房子断面中的湖心测点,该测点位于断面中间,但其浓度高于同断

面其余两个测点，也高于全湖除北部桃源测点外的其余10个测点。这是由于该测点较其它断面中间点位而言，属近岸测点，受人类活动影响较大，其次该测点位于波罗江入湖口下游、洱海出湖口上游，波罗江污染严重，属劣V类水质，出湖口不开闸放水时容易发生回流。

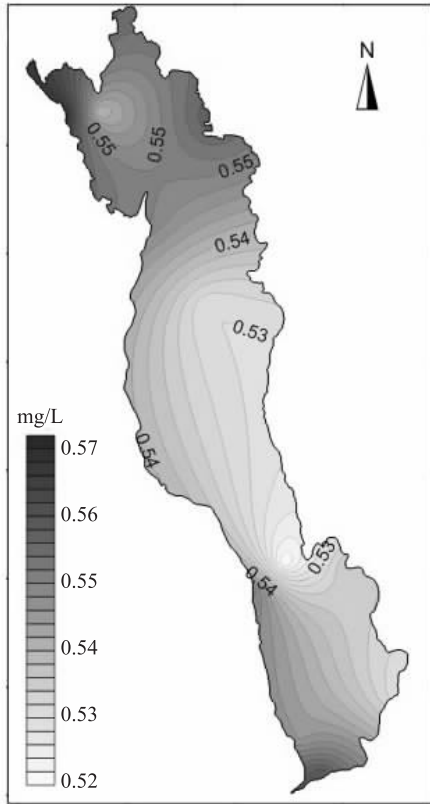


图5 洱海总氮多年均值分布示意图

2.2.2 湖体总氮质量浓度时间变化规律

图6、图7为2002—2019年洱海湖体及各湖区总氮多年月均值变化。由图可见，洱海湖体总氮质量浓度变化呈现比较明显的季节性规律。年初开始，1—4月总氮质量浓度持续降低，于枯水期的3月和4月达到年内最低值，波谷值平均为0.48mg/L，4月之后浓度逐月升高，在丰水期8月和9月达到年内最大值，波峰值平均为0.62mg/L，之后10—12月持续降低。

洱海流域年内受季风气候影响，干湿季分明，降雨量主要集中在5—10月，约占年降雨量的85%~90%；11—4月为干季，约占年降雨量的10%~15%；洱海水资源及蓄水主要依靠汛期降水^[11]。雨季初期，由于雨水冲刷，形成的地表径流携带了大量含氮污染物进入入湖河流并随之进入洱海，使总氮质量浓度在丰水期达到年内最大值。雨季中后期随着地表径流增大，以及带入湖区的污

染物减少，总氮含量随之下降，乃至干季总氮质量浓度变化趋于平缓。

由图7可知，4个断面总氮多年月均值变化趋势与洱海湖体基本一致。最大值多出现在丰水期，最小值多出现于枯水期，只是在出现的时间上有所差异。其中龙龕一塔村断面总氮月均最大值出现于8月，其余3个断面最大值均出现于9月；总氮月均最小值龙龕一塔村断面出现于2月，桃源一双廊、小关邑一石房子断面出现于3月，喜洲—康朗断面出现于1月。北部桃源一双廊断面和南部小关邑一石房子断面总氮浓度较洱海全湖略高，中间喜洲—康朗和龙龕一塔村断面总氮浓度较全湖略低。

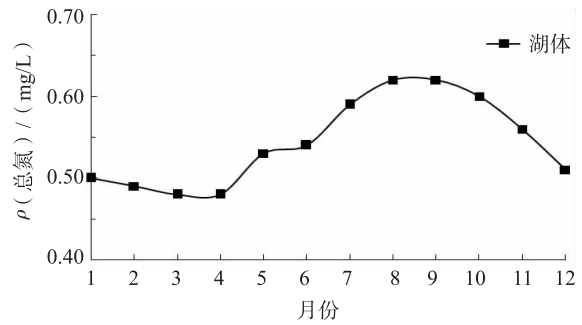


图6 洱海湖体总氮月均值变化

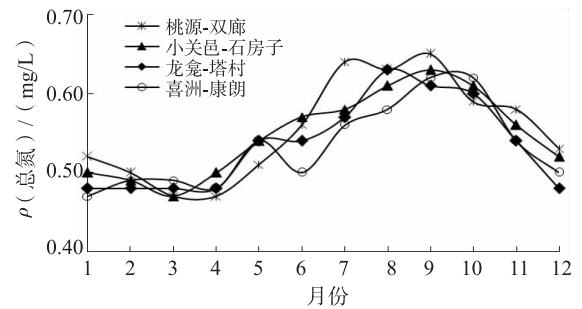


图7 洱海湖体各断面总氮月均值变化

2.3 湖体与主要入湖河流总氮对比分析

洱海主要入湖河流有22条，多年平均入湖水量8.25亿m³。弥苴河、罗时江、永安江、白石溪、白鹤溪、万花溪以及波罗江7条河流为主要入湖河流，其水质状况代表了洱海85%以上的入湖水质，其输入的总氮量占洱海入湖污染负荷总量的54.1%以上^[9,12-13]，对洱海水质影响显著。

图8为2002—2019年洱海湖体与主要入湖河流总氮年均值变化。主要入湖河流总氮年均值总体呈先上升后波动下降趋势，其总氮质量浓度整体明显高于洱海湖体，多年质量浓度均值高于湖体0.43~1.73mg/L。

图9为洱海及主要入湖河流总氮多年均值对比。由图9可知，洱海流域广泛多样的人类活动使

注入洱海的主要河流均存在不同程度的污染, 7 条主要入湖河流多年均值均高于洱海, 除白石溪和万花溪总氮多年均值 $< 1.00\text{mg/L}$; 其它 5 条河流总

氮多年均值均 $> 1.00\text{mg/L}$, 其中白鹤溪、罗时江、永安江和波罗江 4 条河流的总氮多年均值 $> 1.50\text{mg/L}$ 。

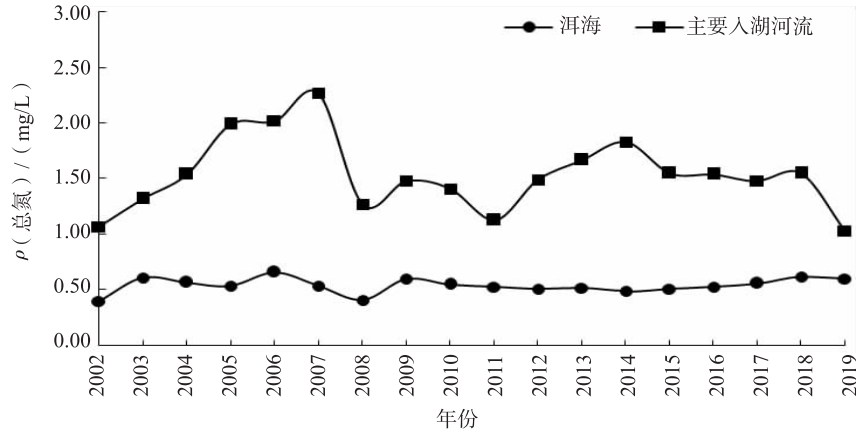


图8 洱海湖体与主要入湖河流总氮年均值变化

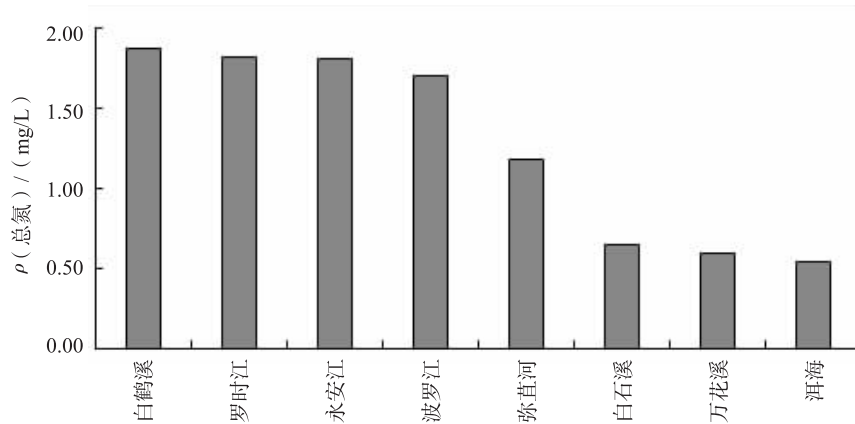


图9 洱海湖体与主要入湖河流总氮多年均值变化

3 结论

(1) 1985—2019 年, 洱海总氮年均质量浓度在 $0.20 \sim 0.66\text{mg/L}$, 总体呈先上升, 后波动下降, 再上升的趋势。1985—2003 年, 总氮呈波动上升趋势, 1985—2002 年洱海湖体总氮一直稳定在 II 类, 2003 年总氮年均质量浓度达 0.61mg/L , 首次超过 II 类标准限值; 2004—2014 年, 总氮质量浓度呈波动下降趋势, 期间先升后降, 于 2006 年达到 0.66mg/L 的极大值, 继而在波动中下降; 2015—2019 年, 总氮质量浓度呈现上升趋势。

(2) 2002—2019 年, 洱海由北至南 4 个断面和东西向 3 个断面总氮质量浓度变化趋势与湖体变化趋势基本一致。洱海总氮质量浓度在空间上的分布表现为北部浓度较高, 其次为南部, 中部浓度略低; 在同一断面中, 近岸点位浓度较高, 湖心点位较低。其中较为特殊的是小关邑—石房子断面中的湖心测点, 该测点位于断面中间, 但其浓度高于同断面其余两个测点, 也高于全湖除北部桃源测点外

的其余 10 个测点。近岸点位受到流域内生活污水和农业面源的影响较大, 人口密度大处点位浓度明显高于人口密度低处。

(3) 洱海湖体总氮多年月均浓度年内呈现比较明显的季节性规律。于枯水期的 3、4 月达到年内最小值, 在丰水期 8、9 月达到年内最大值。

(4) 洱海来水水质普遍较差, 主要入湖河流总氮多年均值均高于洱海湖体, 7 条主要入湖河流中, 流量较大且总氮质量浓度较高的白鹤溪、罗时江、永安江、波罗江和弥苴河 5 条河流长期处于 IV 类状态, 部分入湖河流水质处于劣 V 类状态, 影响洱海水体变化, 是洱海流域主要入湖河流总氮治理的重点。

参考文献:

- [1] 杜宝汉. 洱海富营养化研究 [J]. 云南环境科学. 1997, 16 (2): 30-34.
- [2] 杜宝汉. 洱海富营养化研究 [J]. 湖泊科学. 1992, 4 (2): 86-92.
- [3] 郑国强, 于兴修, 江南, 等. 洱海水质的演变过程及趋势

- [J]. 东北林业大学学报, 2004, 32 (1): 99 - 102.
- [4] 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.
- [5] 董云仙. 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.
- [6] 董云仙. 洱海蓝藻水华研究 [J]. 云南环境科学, 1999, 18 (4): 28 - 31.
- [7] 王云飞, 潘红玺, 吴庆龙, 等. 人类活动对洱海的影响及对策分析 [J]. 湖泊科学, 1999, 11 (2): 123 - 128.
- [8] 白建坤, 苏文良. 从我省主要湖泊的保护状况看洱海的保护工作—启示、思考与行动 [C] // 大理洱海科学研究. 昆明: 民族出版社, 2003.
- [9] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 云南洱海的生态保护及可持续利用对策 [J]. 环境科学, 2005, 26 (5): 38 - 42.
- [10] 刘思儒, 赵继东, 肖尚斌, 等. 洱海藻类水华高风险期沉积物氮磷释放通量时空变化 [J]. 环境科学, 2020, 41 (2): 734 - 742.
- [11] 王祖兴, 黄慧君. 洱海流域降雨量及早涝变化对洱海水资源的影响 [J]. 大理科技, 2005 (2): 34 - 39.
- [12] 羊华. 洱海2005 - 2014年水质状况及变化分析 [J]. 水利信息化, 2016 (1): 25 - 28.
- [13] 董云仙, 李杰君, 左永福, 等. 洱海水环境现状与治理对策 [J]. 云南环境科学, 2004 (23): 101 - 103.

Analysis of Temporal and Spatial Changes of Total Nitrogen of Erhai Lake from 1985 to 2019

ZHANG Hao - xia

(Dali Environmental Monitoring Station, Dali Yunnan671000, China)

Abstract: According to the monitoring data of total nitrogen in Erhai Lake, the temporal and spatial variation trend of the concentration of total nitrogen from 1985 to 2019 was analyzed. The results showed that the annual average total nitrogen of the lake indicated a rising trend in fluctuation, and reached a historical peak in 2006. The spatial distribution of total nitrogen concentration showed that the concentration in the northern area was higher, followed by the south, and the concentration in the middle is slightly lower. In the same section, the concentration in the nearshore point was higher than that in the center of the lake. The monthly mean value of total nitrogen for the year of 2002—2019 showed obvious seasonal change rule, the maximum value was found in August and September, and the minimum value appeared in March and April. The annual average value of the seven main rivers entering Erhai Lake was higher than that of Erhai Lake, which affected the water quality of Erhai Lake.

Key words: Erhai Lake; total nitrogen; temporal and spatial change; rule