

滇池流域点源污染负荷总量变化趋势及原因分析

何 佳, 徐晓梅, 陈云波, 张琨玲, 李跃勋, 李中杰

(昆明市环境科学研究院, 昆明 650032)

[摘要] 对滇池流域近 20 年来的点源污染负荷产生量和削减量进行了核算, 分析了其变化的趋势和主要原因。在 8 个污水处理厂及两个截污泵站的共同运行下, 滇池流域 COD、总氮和总磷 3 种污染物的削减量从 1993 年的 1 542 t, 177 t 和 13 t, 分别增加到 2007 年的 40 581 t, 5 193 t 和 637 t。总体而言, 生活污染源是主要的污染源, 是流域污染物产生量增长的主要因素, 流域内经济的发展和城市化进程的加快, 人口数量急剧增长, 是滇池污染物产生量增加的主要原因。

[关键词] 滇池; 点源污染

[中图分类号] X501 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)06-0075-05

1 前言

滇池流域位于云贵高原中部, 属金沙江(长江)水系, 地处长江、珠江、红河三大水系的分水岭地带, 流域面积 2 920 km²。滇池流域地理位置如图 1 所示。

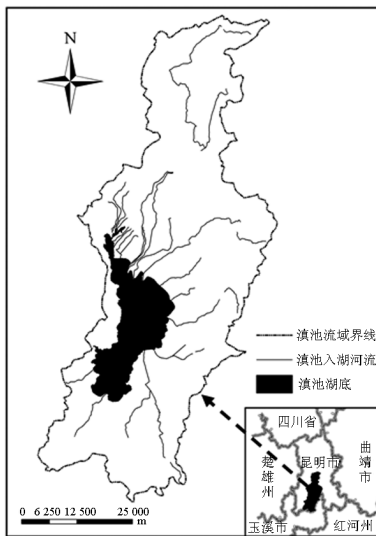


图 1 滇池流域地理位置图

Fig. 1 The location of Dianchi Lake basin

滇池平均水深 5.3 m, 湖面面积 309.5 km², 湖岸线长 163 km, 湖容 15.6 × 10⁴ m³。滇池分为草海和外海两个水域, 草海、外海各有一人工控制出口, 分别为西北端的西园隧洞和西南端的海口中滩闸, 滇池出水经螳螂川、普渡河流入金沙江。

2008 年, 纳入国家重点流域水污染防治专项规划实施情况考核的 13 条主要入湖河流(入滇河流共 29 条)水质均为劣 V 类, 主要超标指标为化学需氧量、生化需氧量、总氮、总磷、氨氮。滇池草海处于重度富营养状态, 水质为劣 V 类, 主要超标指标为化学需氧量、生化需氧量、总氮、总磷、氨氮; 外海处于中度富营养状态, 水质为劣 V 类, 主要超标指标为化学需氧量、总氮。

2 滇池流域点源污染现状、变化趋势及原因分析

2.1 点污染源现状分析

2007 年滇池流域点源污水产生总量为 26 368 × 10⁴ m³, 主要污染物化学需氧量、总氮、总磷产生量分别为 55 913 t, 11 222 t, 1 008 t。从源贡献率方面分析, 生活源为主要的点污染源, 生活源污水产生量所占比例为 83%, 化学需氧量、总氮、总磷所占比

[收稿日期] 2010-01-07

[基金项目] 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07102)

[作者简介] 何 佳(1983-), 女, 云南昆明市人, 工程师, 研究方向为环境工程; E-mail: hj19830204@163.com

例分别达 89 % , 96 % , 98 % ; 企业源污水产生量所占比例为 17 % , 化学需氧量、总氮、总磷所占比例分别为 11 % , 4 % , 2 % , 其中企业污染源负荷中, 第三产业所占比例较大, 污水产生量、化学需氧量、总氮、总磷比例分别为 60 % , 70 % , 63 % , 89 % 。

如表 1 所示, 2007 年企业源污水排放量为 4 611

$\times 10^4 \text{ m}^3$, 化学需氧量、总氮、总磷排放量分别为 6 305 t, 402 t, 23 t, 主要分布于外海北岸汇水区和草海汇水区; 生活源污水排放量为 $21\,757 \times 10^4 \text{ m}^3$, 化学需氧量、总氮、总磷排放量分别为 49 608 t, 10 820 t, 985 t, 同样主要分布于外海北岸汇水区和草海汇水区。

表 1 滇池流域点源污染负荷分布情况

Table 1 Distribution of pollution load yielded in Dianchi Lake basin

| 水域 | 汇水区 | 企业污染源 | | | | 生活污染源 | | | |
|----|--------------|------------------------|-------|------|-------|------------------------|--------|--------|------|
| | | 水量/ 10^4 m^3 | COD/t | TN/t | TP/t | 水量/ 10^4 m^3 | COD/t | TN/t | TP/t |
| 草海 | 草海汇水区 V1 800 | 2 298 | 120 | 9 | 8 361 | 19 002 | 4 181 | 380 | |
| | 外海北岸汇水区 | 2 617 | 3 824 | 257 | 13 | 12 142 | 27 591 | 6 073 | 552 |
| | 外海东岸汇水区 | 124 | 102 | 11 | 1 | 602 | 1458 | 268 | 25 |
| 外海 | 外海南岸汇水区 | 58 | 71 | 13 | 1 | 431 | 1014 | 203 | 19 |
| | 外海西岸汇水区 | 13 | 10 | 1 | 0 | 221 | 542 | 96 | 9 |
| | 外海合计 | 2 811 | 4 007 | 282 | 14 | 13 396 | 30 606 | 6 640 | 605 |
| | 滇池总计 | 4 611 | 6 305 | 402 | 23 | 21 757 | 49 608 | 10 820 | 985 |

2007 年滇池流域 8 个污水处理厂与船房河、大清河两个截污泵站共削减流域入湖污染物 COD, TN, TP 分别达 40 581, 5193, 637 t, 其中削减入草海污染物分别为 14 745, 2 103, 236 t, 削减入外海污染物分别为 25 836, 3 090, 401 t。

2.2 点污染源变化趋势分析

滇池流域近年来点源污染物产生量和削减情况变化趋势见图 2。1988—2007 年, 滇池流域点源污染物产生总量(包括废水、化学需氧量、总氮和总磷)呈现持续增长的趋势。具体来说, 随人口的增加和社会经济的发展, 生活污染负荷急剧增加, 然而, 随着企业污染治理力度的加大, 企业污染负荷产生量总体呈下降趋势。其中, 草海汇水区 2007 年废水、化学需氧量、总氮和总磷比 1988 年增长了 48.69 % , 111.69 % , 222.89 % 和 239.02 % ; 外海汇水区 2007 年废水、化学需氧量、总氮和总磷比 1988 年增长了 94.14 % , 313.29 % , 263.91 % 和 353.59 % 。1998 年以前, 滇池外海汇水区第二、三产业发展迅速, 企业污染负荷逐年增加; 1998 年以后, 一批重污染企业被关停并改转, 特别是 2000 年“零点行动”以后, 企业污染源污染物排放量大幅削减, 2000—2007 年呈波动状态。外海汇水区城市建设与人口增长速度快于草海汇水区, 因此生活污染负荷增加幅度较大, 成为污染控制的重点区域。

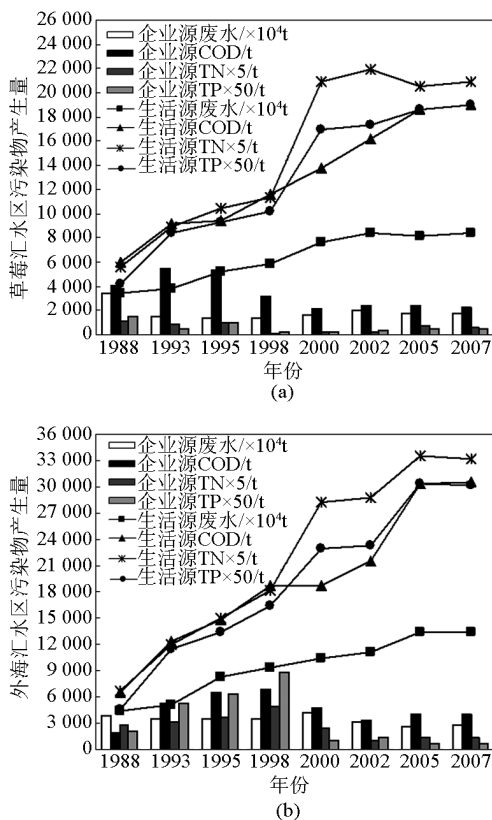


图 2 滇池流域近年来点源污染物产生量和削减情况变化趋势

Fig. 2 The trend of discharge and reduction of point source pollution load in Dianchi Lake basin

如表 2 所示,1993—2007 年,随着污水处理厂的新建和扩建,滇池流域污染物削减量呈逐年增加的趋势,化学需氧量、总氮、总磷三种污染物的削减量从 1993 年的 1 542,177 和 13 t,分别增加到

40 581,5 193,637 t,削减能力分别扩增约 25,28,48 倍。近年来,外海汇水区污染控制力度加大,污染物削减量是草海汇水区的近 1.5 倍。

表 2 滇池流域点源污染物削减量变化

Table 2 The change of point source pollution reduction in Dianchi Lake basin

| 年份 | 草海汇水区 | | | | 外海汇水区 | | | |
|------|----------------------------------|--------|-------|------|----------------------------------|--------|-------|------|
| | 水量/ $\times 10^4$ m ³ | COD/t | TN/t | TP/t | 水量/ $\times 10^4$ m ³ | COD/t | TN/t | TP/t |
| 1993 | 1 490 | 1 542 | 177 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1995 | 1 900 | 2 204 | 234 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 7 579 | 5 510 | 962 | 55 | 6 508 | 6 157 | 1 133 | 63 |
| 2000 | 10 926 | 9 482 | 1 688 | 105 | 6 964 | 9 007 | 1 527 | 61 |
| 2002 | 11 007 | 10 315 | 2 065 | 146 | 11 004 | 14 126 | 2 440 | 252 |
| 2005 | 11 888 | 15 012 | 1 793 | 241 | 13 335 | 20 801 | 2 653 | 317 |
| 2007 | 12 028 | 14 745 | 2 103 | 236 | 16 576 | 25 836 | 3 090 | 401 |

2.3 原因分析

1)人口的持续增长和生活习惯的改变。人口持续增长和城市规模的扩张是流域城镇生活污染负荷继续增长的最根本驱动因素。流域内城市人口由 1992 年的 150 万人^[1]增长到 2007 年的 273.5 万人^[2],增长了 82%。随着国家针对昆明的开发战略转变,外来流动人口和常住人口数也将越来越多,特别是昆明瞄准宜居城市、久居城市发展战略的确定,将会在今后一段时间之内刺激城市常住人口和外来服务人口的增加,这势必将导致生活污染负荷产生量的急剧增加。同时,生活习惯的改变加大了生活用水量并改变着污水性质与浓度构成。20 世纪 80 年代初昆明主城开始普及洗衣机,90 年代末抽水马桶基本普及,2000 年不锈钢水槽、陶瓷浴盆、整体浴室等相继进入普通家庭,家庭生活用水量猛增,每日人均用水量从 1988 年的 163 L 上升到 2007 年的 220 L,污水量增加的同时,污水中油类、厨余下水、日用化学品的含量也在增加。

2)治理与监督力度加大。20 世纪 80 年代以来,滇池流域工业污染源的治理与监督管理力度不断加大,并从浓度管理逐步转变为目标总量管理,使流域工业污染负荷不断减小。90 年代初,对云南冶炼厂、昆明冶炼厂等排放高浓度重金属污染物企业的治理,使已受砷污染的滇池水体有毒有害物质污染得到改善。1999 年实施滇池治理“零点行动”,对滇池 253 家重点考核工业企业、128 家非重点考核企业实施达标排放行动,极大地削减了流域工业污

染负荷。利用世界银行贷款,昆明化肥厂、昆明磷肥厂污水得到有效治理,污水实现封闭循环,使工业污染源总氮、总磷排放量大大减少。

3)产业结构调整取得成效。1988 年《滇池保护条例》提出了合理调整区域工业结构,鼓励发展节水型、无污染的工业。明确提出严禁在滇池盆地区新建钢铁、有色金属、基础化工、石油化工、化肥、农药、电镀、造纸制浆、制革、印染、石棉制品、土硫磺、土磷肥和染料污染严重的企业和项目。随着政府在主城区推行“退二进三”,调整产业结构,严格控制新建企业,使流域工业污染源排放量没有随着工业总产值持续增长而增加。

4)入湖污染负荷得到削减。“九五”、“十五”规划期间,滇池污染治理投资 47.62 亿元,其中污染控制类项目投资 36.12 亿元,主要用于污水处理厂建设,占总投资额 75.9%。从 1991 年第一污水处理厂建成,到 2004 年 8 个污水处理厂及北岸截污泵站正常运行,新建和改扩建污水主干管 590 km,片区污水收集率达到 63.8%,对 5 条主要河道实施综合治理工程,通过截污和生态建设,滇池流域污染物削减量逐渐增大。

3 滇池流域点源污染治理成效、存在问题和总体思路

3.1 工作成效

自 1991 年至 2007 年,滇池流域共建成 8 座污水处理厂,均采用能除磷脱氮的生物二级处理工艺,

出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标准,设计处理规模从 $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 增加到 $58.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。北岸截污工程于1998年8月开始运行,包括船房河和大清河两个泵站,年均截流量可达约 $9\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。以上污水处理厂和截污设施的建设,对削减入滇池的污染物总量,减轻城市废水对滇池水生态环境的破坏,改善和恢复滇池及其水系水环境质量及水体功能,推动滇池流域社会经济可持续发展起到了积极作用。

如图3(a)所示,滇池草海汇水区化学需氧量入湖量总体呈现下降趋势,总氮、总磷入湖量保持波动性变化,草海水体化学需氧量浓度呈显著下降趋势($\gamma_s = -0.827, p < 0.05$),总氮($\gamma_s = 0.836, p < 0.01$)和总磷($\gamma_s = 0.873, p < 0.01$)浓度均显著增加;如图3(b)所示,外海汇水区化学需氧量和总磷基本上入湖量基本呈下降趋势,总氮入湖量保持波动性变化,外海水体化学需氧量浓度保持稳定($\gamma_s = 0.255, p > 0.1$),总氮($\gamma_s = 0.555, p < 0.1$)和总磷($\gamma_s = -0.773, p < 0.01$)浓度分别呈波动和显著下降的趋势。以上点源污染物入湖量和水体污染物浓

度具有一定关联性,总体来说,滇池外海污染得到有效控制,草海治理力度须进一步加大,且必须加大对总氮的削减。

3.2 存在的问题

人口的持续增长直接刺激了城市规模的不断扩张,1990年昆明主城区建成区的面积不足 70 km^2 ,2007年达到 250 km^2 ,增加了近3倍,年均增加超过 10 km^2 。城市规模不断扩张的同时,污水排放分布的不均衡性造成了生活污水处理压力分布的不平衡。人类活动所触发的一系列城市扩张行动,在时间和空间上分布的不同步和不均衡,直接导致主城区雨、污水管网环保基础设施建设的严重滞后。而新城、老城不同的排水体制和老城极不完善的城市排水体系,致使生活污水在高密度人口分布的老城产生后,在局部地区导致处理压力很大,直接影响后端生活污水的处理。滇池流域城镇排水系统多为箱沟-渠,是典型的合流制排水系统,随着城市的发展,这些沟渠已被覆盖,成为暗渠,合流制的老城区人口密度超过 $2.5 \text{ 万人}/\text{km}^2$,建筑物密集,彻底改造排水系统的难度较大,雨污不能分流,雨季合流污水溢流污染问题严重;污水收集管网不配套,近 138 km^2 的建成区污水因无完善的管网无法进入污水厂处理,而是排入周边河道,目前仍有污水处理厂直接从河道取水进行处理,很大程度上降低了污水处理效率;部分已建成的污水处理厂缺少脱氮除磷工艺,加之运行费用不足,致使运行效率不尽人意。

近年来,滇池流域工业污染得到了一定控制,但工业企业的数量仍然呈明显上升趋势,且相当一部分工业企业不能做到废水稳定达标排放。同时,随着产业结构调整措施的实施,第三产业成为滇池流域的主导产业,一方面,第三产业的崛起带来了旅游人口数量的增加,大部分旅游景点不存在污水处理系统或处理系统效果欠佳,给环境造成相当大的压力;另一方面,一些服务业如洗车业、桑拿洗浴业的快速发展,也导致了用水量和污水排放量、污染物产生量的增加。然而,滇池流域目前仍然缺乏针对第三产业污染控制的相关政策措施。

3.3 滇池流域点源治理总体思路

1)企业污染控制方案。一是构建循环经济工业体系,以新型工业化道路为指南,坚持工业化与信息化并举、以信息化带动工业化,以工业化促信息化,促进工业结构优化升级;二是打造生态产业园区,按照政府、园区、企业、社会共同推动的原则,全

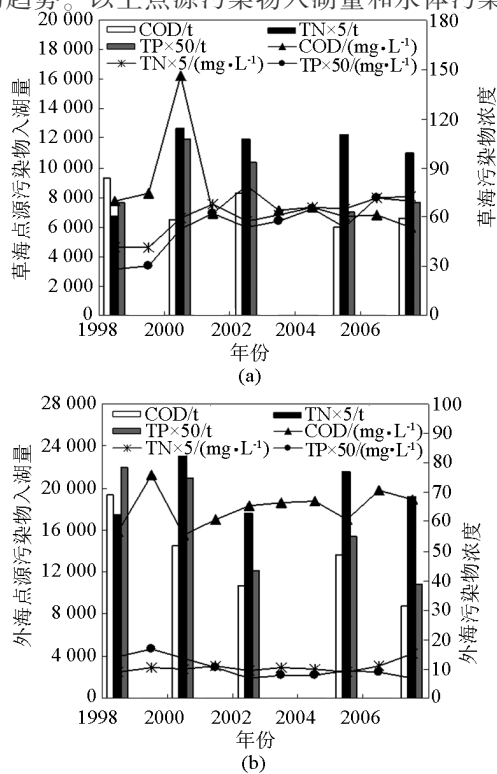


图3 滇池水体主要污染物浓度近十年变化趋势
Fig. 3 The trend of main pollutants concentration of Lake Dianchi in recent 10 years

面统筹产业、基础设施、资源、环境四大要素,重构园区生态化产业体系;三是加快产业结构优化升级和清洁生产改造,有计划、有步骤地分期、分批开展清洁生产审核工作,以高耗能、高污染企业为重点,积极推进清洁生产审核,贯彻国家《产业结构调整指导目录》,淘汰落后产能;四是强化工业排污监控与管理,实施节能减排,严格贯彻执行环境影响评价制度,加强项目审批与监管,加强对污染排放单位的监管力度,实施污染源排放总量控制。

2) 城镇生活污染控制方案。由于滇池流域城镇排水系统属于合流制与分流制混合型,绝大部分地区存在雨季合流污水溢流污染问题,因此在设计城镇生活污染控制方案时应考虑旱季生活污染控制和雨季合流污水溢流污染控制两个方面。应注重污染控制分区,首先根据人口分布、排水体制、城市功

能区划、下垫面类型将流域划分为各具有一定污染特征的污染控制区,制定相应的污染控制措施,进行技术耦合集成。包括户内节水减排、楼宇、小区污水集中再生利用、排水管道截污溢流控制、合流污水调蓄及净化、污水处理厂处理能力提升、排水管网完善建设等。同时,应根据污染源强,将各子区域赋予污染控制级别,制定近、中、远期目标和分步控制方案,实现入湖生活污染负荷的分步削减。

参考文献

- [1] 昆明市统计局. 昆明统计年鉴——1993 [M]. 中国统计出版社, 1993
- [2] 昆明市统计局. 昆明统计年鉴——2008 [M]. 中国统计出版社, 2008

Change trend and reason analysis of point source pollution load of the Dianchi Lake Basin

He Jia, Xu Xiaomei, Chen Yunbo, Zhang Kunling,
Li Yuexun, Li Zhongjie

(Kunming Institute of Environmental Science, Kunming 650032, China)

[Abstract] In this paper, yield and reduction of the Dianchi Lake basin point source pollution load of the past 20 years were calculated and the change trend and reasons to it were analyzed. The results indicated that point source wastewater, COD, total nitrogen and total phosphorus discharge from the whole Dianchi Lake basin in 2007 were 26 368 t, 55 913 t, 11 222 t and 1 008 t respectively, and compared to that of 1988, the growth rate of those mentioned above were 73.69%, 203.27%, 246.99% and 301.55%, among which the growth rate of living pollution were 174.43%, 296.58%, 342.90% and 462.86% respectively, however the industry pollution has been controlled, the pollution load was decreased by 36.43%, 6.36%, 49.24% and 69.87%. With the cooperation of 8 sewage treatment plants and 2 pumping stations, from 1993 to 2007, the reduction of COD, total nitrogen and total phosphorus discharged from the Dianchi Lake basin increased from 1 542 t, 177 t and 13 t to 40 581 t, 5 193 t and 637 t, which was the main reason that the environment of the Dianchi Lake stopped worsening. It can be concluded that, living pollution is the main pollutant source, and the major factor to the growth of pollution load in the Dianchi Lake basin.

[Key word] the Dianchi Lake; point source pollution