

滇池污染的成因及其治理新方案

彭永岸 朱 彤

(云南大学、云南省地理研究所, 昆明 650223)

摘 要 本文对滇池的污染成因进行了综合分析。滇池污染是由两大因素造成的: 一是水流太慢, 二是污水南侵。从这两大污染因素可以找到两大对策: 一是加速湖水流动, 二是阻止污水南侵。基于滇池污染实际上是北部污染南部造成的, 改变滇池出水口, 开挖一条新河道, 让滇池水倒流, 滇池从原来的下游方换到上游方, 城区污水不入滇池, 即使进入也能让它快速从北部流出去, 北部的污染负荷很容易从北部流出去, 南部高水位的水位势压力阻止了北部负荷南侵, 解决了滇池污染。

关键词 滇池, 污染奥秘, 治理新方案

中图分类号 X524

滇池是云南最大的湖泊, 是春城昆明象征, 但随着昆明的城市发展, 遭受到严重的污染。对此, 有关部门已花 40 万元巨资进行了治理, 但效果甚微^[1], 污染得不到控制。据中国科学院南京地理与湖泊研究所在海埂基地测量, 2000 年 1 月滇池水质透明度为 1.2m, 2002 年 1 月 13 日测量, 水质透明度降到 0.4m。滇池污染呈现恶化的趋势。

1 滇池污染成因分析

1.1 滇池污染的区位背景

(1) 高原地区的湖泊特征一般只有一个出水口, 湖泊若在城市的下游方, 城市人口越多, 污染越重, 滇池在昆明市下游方, 人口达 2.20×10^6 ; 昆明城区的所有污水全部流入滇池, 而且全流域的污水都汇入滇池。这正是滇池污染的区位因素。

(2) 滇池北部的大量污水是滇池的主要污染源, 约占其污染绝对总量的 80% 以上, 滇池湖面多西南风, 湖流也以西南向的风生流为主, 它源源不断地把全流域带入滇池的湖面污染物吹送到北部堆积, 使北部污染日趋严重。

(3) 昆明城区有大量未处理的污水入滇池, 是滇池污染形成的重要因素。城区每天有约 $7 \times 10^5 \text{m}^3$ 污水, 现有 6 个污水处理厂, 污水处理率达到 60%, 但还有 40% 的污水约 $28 \times 10^4 \text{m}^3$, 未处理就进入滇池。另外, 昆明郊区城乡结合部, 由于乡镇企业的发展, 脏污特别严重, 大量污水未处理就入滇池, 一场洪水如同给城区和郊区洗澡一样, 污染物全部带入滇池^[2]。滇池北部每年有约 $5.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 径流流经城区和郊区, 其污染度比城区的生活污水还高。这也是面源污染 (表 1):

表 1 滇池外环境污染源主要污染物输出负荷

Tab. 1 Main pollution input load from outside environment in the Dianchi Lake

发 生 源	输送污水		TN		TP		BOD		COD	
	污水量	占入湖总	输入湖量	占入湖总量	输入湖量	占入湖总量	输入湖量	占入湖总量	输入湖量	占入湖总量
	(万 t/年)	污水 (%)	(t/年)	(%)	(t/年)	(%)	(t/年)	(%)	(t/年)	(%)
点发生源	13533	32	3234	68.6	251.1	55.1	8253	90.1	18438	88.3
非点发生源	28100	68	1479	31.4	204.7	44.9	908	9.9	2440	11.7
总 量	41633	100	4713	100	455.8	100	9161	100	20878	100

收稿日期: 2002-08-21

资助项目: 云南省“十五”攻关项目编号 2001NG63。

作者简介: 彭永岸 (1942-), 广东揭西人, 1966 年中山大学地理系经济地理专业毕业, 主要从事经济地理学研究, 出版专著 2 部, 发表学术论文 60 多篇, 获省部级奖励 5 个, 享受国务院特殊津贴, 现主持云南省“十五”攻关项目。

表 2 滇池主要水污染点发生源输出负荷与滇池总纳污负荷关系表^{*}

Tab. 2 Relationship between the main input load of the total water pollution sources and the total pollution load received in the Dianchi Lake

主 要 发 生 源	向滇池输入污水		TN		TP		BOD		COD	
	占主要 点源 (%)	占入湖 总量 (%)	占主要 点源 (%)	占入湖 总量 (%)	占主要 点源 (%)	占入湖 总量 (%)	占主要 点源 (%)	占入湖 总量 (%)	占主要 点源 (%)	占入湖 总量 (%)
大观河	4.4	1.6	5.0	3.6	7.4	5.2	3.3	3.1	4.0	3.5
新 河	7.2	2.7	5.0	3.6	4.2	3.0	3.9	3.6	5.5	4.7
运粮河	9.3	3.4	11.3	8.1	13.8	9.7	11.4	10.6	11.8	10.1
五家堆渠	16.0	5.9	6.6	4.8	8.2	5.7	6.0	5.5	7.7	6.6
明通河	22.7	8.4	40.9	29.6	31.1	21.8	40.5	37.4	47.2	40.4
盘龙江	26.2	9.6	6.9	5.0	4.6	3.3	2.8	2.6	2.5	2.2
船房河	14.2	5.2	24.3	17.5	30.7	21.5	32.1	29.7	21.3	18.2
合 计	100	36.8	100	72.2	100	70.2	100	92.5	100	85.7

^{*} 表 1、2 资料引自杨文龙、刘玉生“滇池富营养化控制途径”《云南环境科学》第 12 卷 3 期, 1993 年 9 月。

从表 1 看出, 昆明城区点发生源的污水输入量仅占入湖总污水的 32%, 但它的 TN 却占入湖总量的 68.8%、TP 占入湖总量 55.1%、BOD 占入湖总量 90.1%、COD 占入湖总量的 88.3%, 可见造成滇池有机污染和富营养化, 主要是由昆明城区点发生源输入的结果^[3]。

从表 2 看出, 表中的 7 条河流, 向滇池输入的污水仅占 36.8%, 但其 TN 却占入湖总量 72.2%, TP 占入湖总量的 70.2%, BOD 占入湖总量的 92.5%, COD 占入湖总量的 85.7%。滇池的主要污染源来自昆明城区的 7 条河流。它占滇池污染绝对总量的 80% 左右。在 7 条河流中, 水量最大的盘龙江和污染最重的明通河两条河流注入外海, 加上郊区的金汁河、白沙河、宝象河、马料河, 对滇池外海也造成严重污染。近年来滇池外海污染加剧, 面源污染扩大, 这是昆明郊区, 特别是官渡区乡镇企业发展, 大批外来人口进驻郊区, 而这些乡镇又未纳入城市污水管网, 一场大雨, 把郊区积累的脏污全部冲入滇池, 这是面源污染比重上升的主要原因, 这仍然在滇池北部的郊区。总之, 无论按面积、人口、流量, 昆明市区和郊区是滇池的主要污染源, 它占滇池污染绝对总量的 80% 以上, 西园隧道虽然分流出去一部分, 仍有大量污水集中在外海北部, 无法从北部流出去, 就要南流, 进入滇池内部, 在 3~4 年的流动过程中, 污染影响整个滇池。

(4) 前面 3 方面污染原因, 都集中在滇池北部

严重的问题是这大量污染的水体不能流动, 尤其是在冬半年, 西园隧道虽然分流了草海的重污水, 以减少入湖水量为代价, 这使原来流动就很缓慢的滇池水, 变得更加缓慢, 几乎是死水了。滇池外海大量富营养化的水体不流动, 更使蓝藻滋生和爆发, 这是滇池污染难以解决的一个问题。

(5) 海埂节制闸把滇池分为草海和外海。草海的重污水从西园隧道分流。北部的外海成了积污场。特别是在长达半年多的旱季, 入湖水量基本上就是城中的污水和各河流流量很小的脏水, 以弥补蒸发, 滇池无水外流。这大量高浓度的污水, 向北无路走, 向南也阻流, 长期滞留在北部, 成为滇池污染的大患。

滇池的主要污染源从北向南流, 少则 2~3 年, 多则 3~4 年才能到达出水口, 其所有的污染物都沉积在滇池湖底, 从而污染了整个滇池, 这是滇池污染需要解决的问题。

1.2 滇池污染的成因

(1) 滇池污染 90% 以上的污染物都沉积在湖底 (图 1):

滇池的污染物主要集中在草海和外海北部, 这些污染物不能从北部流出去, 而出水口在西南部, 它就必然向南流去, 致使整个滇池被污染。如果这些污染物从北部流出去, 北部的污染就不复存在。

(2) 滇池北部吸收的是污水, 而南部流出去的却是把污染物沉淀后, 相对好的清水。可见, 它的

污染就是“纳污吐清”造成的。



图 1 滇池污染物分布和流动示意图

Fig. 1 Sketch map of the distribution and movement of the pollutants in Dianchi Lake

(引自邓德仁等“滇池湖流与富营养化特性研究”内部打印资料)

2 滇池污染治理的新方案

改变滇池出水口, 置换滇池位置有 3 个目标: 彻底解决滇池污染是第一目标; 使滇池从此再也不受昆明城区污染, 为春城人民永续利用是第二个目标。外流域调水, 还滇池一湖清水, 为昆明城市发展找回 $1.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 饮用水源地是第三目标。

2.1 滇池污染治理的方法和步骤 (图 2)

滇池污染治理分二大步骤: 第一步是置换滇池位置, 解决其污染, 使昆明城区从此不污染滇池。实现 IV~ III 类水质; 第二步外流域调水, 保证 III~ II 类水质, 滇池成为昆明城市发展需要可饮用的水源地。

滇池和洱海一东一西, 滇池污染如此严重, 而洱海水质依然清澈。究其原因就是下关在洱海的出水口。或者说高原地区, 城市在湖泊的出水口, 城市不污染湖泊。这是高原湖泊最重要的特征, 也是本项目的理论依据和创新。

2.2 滇池污染治理的新方案

富民海拔 1 681m, 滇池海拔 1 887m, 天生桥海

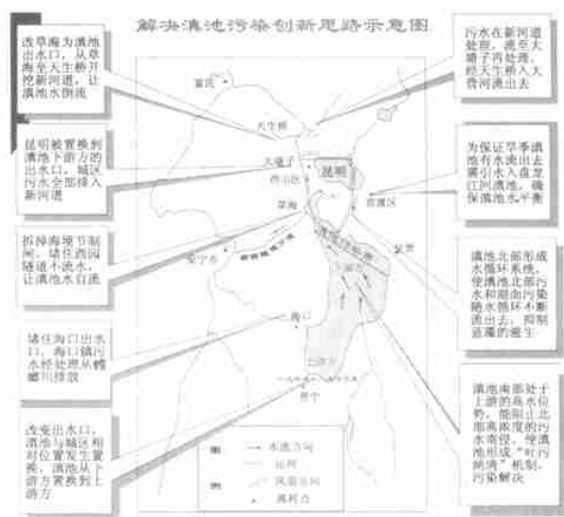


图 2 滇池污染治理方法流程示意图

Fig. 2 Sketch map of the new measures to control the pollution in the Dianchi Lake

(引自邓德仁等“滇池湖流与富营养化特性研究”内部打印资料)

拔 1 840m。滇池草海-天生桥长 16km, 有 47m 的落差。开挖一条新河道, 让滇池水倒流, 从草海-天生桥接大营河流出。这样城区的污水经处理, 从新河道排走, 不再流入滇池, 切断了滇池的主要污染源, 其污染将可减少一半, 而且由于滇池水倒流, 集聚在北部的污水全部从北部流出去, 其污染绝对总量的 80% 以上得到排除, 北部污水不南侵, 滇池的主要污染源转变为东部和上游南部广大农村, 由于东部和南部人少, 污染就变得很小, 而容易解决。

(1) 改变滇池出水口, 就能把昆明市从上游方置换到滇池下方的出水口

海口是滇池传统的出水口, 滇池水从螳螂川流经富民。滇池在昆明城区的下游方, 成了名副其实的纳污场。改变滇池出水口, 滇池和昆明城区相对上、下的位置发生置换, 滇池就从现在的下方被置换到上游方, 昆明则从现在的上方被置换到下游方滇池的出水口处。这是相对上、下地理位置可以置换的特殊现象, 我们利用了它, 不但能使滇池摆脱其现在纳污场的不利位置, 而且可以使滇池草海的污水排出去, 也可以使外海北部的全部污水排出去, 滇池北部就没有污水南侵, 滇池从此不会受昆明城区的污染。

(2) 让滇池水倒流就是让北部的污水从北部流出去, 阻止和解除北部污水南侵

滇池北部是滇池的主要污染之源。约占滇池污染绝对总量的 80%。让滇池水倒流的目的就是使昆明城区的污水不入滇池; 集中在北部的污水由于靠近出水口, 就很容易从北部全部流出去; 水流和西南风吹到北部堆积的湖面污染物也很容易进入草海并流出; 由于风向、水流和湖面风生流都是从南往北的一致, 迫使滇池北部原先污染严重的死水流动了, 流水不腐而抑制蓝藻滋生, 北部的污染也就大大减轻; 特别是滇池南部处于上游方的高水位(南部的水位比北部高约 0.5m), 所形成水位势的强大压力, 能够阻止北部的低水位的污水南侵, 使滇池不受北部污染, 滇池北部沿岸 2~3km 范围内可能会形成一条轻度到中等程度的污染带, 而避免整个滇池被污染。所以, 该方案是先治本, 后治标, 以治本为主, 标本兼治。

滇池的出水口在南部的海口, 滇池水就是自北往南流, 当出水口在北部的草海, 滇池水就自然是自南向北流。海口是滇池正常的唯一出水口, 在正常年份, 海口年均外排水量为 $4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年最多外排水量 $7.76 \times 10^8 \text{ m}^3$, 最大流量为 $120 \text{ m}^3/\text{s}$ 。让滇池水倒流, 就是把海口的排水功能全部转移到草海新的出水口, 也就是说, 海口除排放少量必要的用水外, 滇池水全部从北部流出去。新的出水口必需满足滇池年最多排水量和最大流量, 同时考虑滇池的 3 个出水口, 充分利用海口和西园隧道排水。因此, 新河道的最大流量设计为 $60 \text{ m}^3/\text{s}$, 这样在正常情况下, 保证滇池水能够从新开河道和大营河流出去。发生的洪水时, 除新河道排放 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ 外, 由西园隧洞排放(其最大流量为 $40 \text{ m}^3/\text{s}$), 这两个出水口合计流量为 $100 \text{ m}^3/\text{s}$, 若遇 10 年以上的特大洪水, 才利用海口排放 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量以外的洪水。这样既保证滇池水倒流, 又充分利用滇池 3 个出水口的排泄功能。

有人认为, 西园隧道分流已经实现滇池水倒流。我们认为西园分流只能分流草海内的重污水, 由于受海埂节制闸的限制, 不能分流外海北部的重污水; 而且它是以减少入湖水量的高昂为代价, 分流出去的水调不回来, 导致长达半年多的旱季, 为了保持水平衡, 而不能分流。它的问题就是出水口依然在海口, 无法让滇池水倒流, 更无法实现自流倒流, 滇池和昆明城区的相对上、下位置就不能置换, 这个最关键问题没有解决。仅有以减少入湖水量换取排放草海重污水的一点作用。

本研究方案能实现滇池水全部自流倒流, 使滇池从下游方置换到上游方的有利地位, 从此摆脱了昆明对它的污染; 它不但能把草海的重污水排出去; 更重要的能把外海北部的重污水全部排出去; 特别是旱季也能够保证让污水排出去。并使盘龙江下游的生态环境得到明显改善。同时还能够使滇池现有的污水逐步排放掉, 从而使滇池污染的治理难题得以较好的解决。

(3) 旱季调水入盘龙江回滇池形成水循环, 并使旱季污水也能从北部流出去

滇池水在雨季自流是不成问题的。但在旱季(11~5月)半年多的时间里, 水源不足, 无法自流。需要调水来实现旱季滇池水自流。设想城区的污水排入新河道, 在黑林铺的大坝子附近处理后, 引入盘龙江回滇池, 形成滇池北部的水循环系统。它有 6 大功能: 保证滇池北部的污水和污染物不断流出去; 促进滇池北部水体的不断流动和循环; 利用流水不腐抑制蓝藻滋生; 保证滇池水平衡; 利用水循环机制, 可以把滇池现有的污水逐步替换掉, 使滇池水质在 3~5 年内就能得到好转和改善; 盘龙江下游每天有几十万方水流动, 使盘龙江沿岸的生态环境得到大大的改善。

我国的西部开发, 从金沙江引水解决滇中及滇池缺水将是迟早的问题。引水济昆必须从南部的晋宁入滇池, 让清水从南向北流动, 使北部污染带的水体能源源不断流出去, 还滇池一湖清水, 使滇池最终实现“纳清吐清”的良性循环, 水质达 II 类。这里需要指出的是, 外流域调水若从北部入滇池, 则会造成更多的污水入滇池, 这是不可取的。另外, 通过外流域调水和挖掘底泥, 可以找回 $1 \times 1.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 可饮水的水源地, 为昆明城市大发展提供饮用水保证。

3 置换滇池位置确保滇池不受昆明城区污染的分析

(1) 换位置能筑起和建立三道屏障, 从而使滇池不受污染

开挖新河道, 使城区污水流入新河道, 从而有效地切断城区污水进入滇池, 使城区进入滇池的污水量达到最小, 而且能使滇池外海北部的污水全部从北部流出去。这是防止昆明城区污染滇池最有

效的第一道防线。

大量污水和污染物堆积在滇池北部,对滇池的危害大。改变滇池出水口,让草海和外海北部的污水都从北部流出去,既防止污水在北部滞留、滋生蓝藻,又促进北部滇池水的流动,解除北部污水南侵,这是防止北部滇池污染南部滇池最有效的一道屏障。

滇池南部处于上游位置,其水位比北部高,滇池的整个湖流将改变为从南往北流,北部的污水处在低水位,在强大的水位势压力下,它只有顺从水流向北流动,而没有逆水流向上流动之力。这是防止北部污水污染滇池的第3道防线。

(2) 利用水位势防止北部污水南侵,确保滇池不受污染

滇池出水口在南部的海口,滇池北部的水位比南部要高40~50cm。滇池水流保持着从北往南流的态势。改北部草海为出水口,让滇池水倒流,则会反过来,滇池南部的水位比北部水位也要相应高出40~50cm,这样,南部有一股水位势压向北部,污水只能循着水流向草海出水口流动,而不会反水方向逆向上游流动,滇池南部的水位势防止了北部污水的南侵,保证滇池南部不受北部污水污染。从而阻止和避免污水进入滇池内部,有效防止污水对滇池内部的污染。

(3) 置换滇池位置后,昆明对滇池的污染限于滇池北部的污染带

昆明城区的污水虽然不入滇池,但滇池北部的河流和径流,洪水时仍有大量污水要进入滇池。而且其冲力将会使污水冲入离岸线3~4km范围内,形成一条滇池北部污染带。研究认为,昆明对滇池的污染将限于北部污染程度不很高的污染带范围之

内。从而保护滇池不受昆明城区的污染。

(4) 改变滇池出水口,开挖一条滇池的西洱河,让滇池水倒流,滇池已从现在下游方置换到上游方;城区的污水流入新河道而不入滇池,切断了滇池的主要污染源,滇池水质将有所改善;滇池水倒流,出水口在北部,草海和外海北部的污水全部从北部流出去,滇池北部的污染基本消除,也就是说,占滇池污染绝对总量的80%左右,得到解除;水质有明显的好转,滇池北部的水体能不断流动,滋生蓝藻的机会小得多;水质将更好;防止了北部污水南侵,而且能够把现有的污水逐步排放掉,滇池水质将快速好转;北部滇池污染南部就不存在,滇池水质达到IV~III类是有可能的。外流域调水,从南部进入滇池,大量清水入滇池并从南往北流,滇池水质达到III~II类是有保证的。

从上分析认为,根治滇池势在必行,我们提出的治理方案,旨在提供有关部门决策分析。

参考文献

- [1] 滇池流域水污染防治“九·五”计划和2010年规划编写组. 滇池流域水污染防治“九·五”计划和2010年规划. 1997.
- [2] 辜来章等. 滇池非点源污染特征及防治. 云南环保. 1991, (1).
- [3] 杨文龙等. 滇池富营养化控制途径研究. 云南环保. 1991, (4).
- [4] 吴德玲等. 滇池富营养化的成因分析. 云南环境科学. 1993, (3).
- [5] 张秀敏等. 滇池水质预测分箱模型研究. 云南环保. 1991, (4).
- [6] 彭永岸等. 置换滇池和昆明城区相对位置探索滇池治理的新途径. 经济地理. 2000 (增刊).

Causes of Pollution of the Dianchi Lake and New Control Measures

PENG Yongan, ZHU Tong

(Yunnan Institute of Geography, Yunnan University, Kunming 650223)

Abstract The outlet of water body of Dianchi Lake is located in the southern area, but the main pollution load is in the northern area. The flow of Dianchi Lake is always rush from North to South. Because of the slow lake flow, over 90% of the pollutants in the waste water deposit on the bottom of Dianchi

Lake. Hence there are mainly two factors causing the pollution in Dianchi Lake. One is the slow lake flow, the other is the intruding of the polluted water. There are two ways to deal with the pollution situation. One is to speed up the lake flow, the other is to stop the polluted water from intruding to the southern lake. In light with the situation that the northern lake polluted the southern lake of the Dianchi, the new solution identified is to change the original outlet of Dianchi Lake by digging up a new canal and putting Dianchi Lake flow backwards to the north. By so doing, the main pollution load can be closed to the new outlet and kept away from the original one, part of the polluted water in Kunming city will not directly discharge into the Dianchi Lake. Even if the polluted water discharged into the Dianchi Lake, it is possible to let it rapidly flow out of the northern Dianchi Lake. In a word, the elevated potential of high water pressure can effectively prevent the southward intrusion of pollution load from northern part, offering a basic solution to the pollution problems of the Dianchi Lake.

Key words Dianchi Lake, Causes of the pollution, New control measures

~~~~~

# 《地球信息科学》学报

## 2003 年邮局发行, 欢迎征订

《地球信息科学》是学报级综合性学术刊物, 由中国科学院主管、中国科学院地理科学与资源研究所主办。2001 年 9 月经国家新闻出版总署和 ISSN 中国国家中心批准, 已于 2002 年正式向国内外公开发行。

地球信息科学是世纪之交新兴的学科。通过遥感、地理信息系统、全球定位系统和电脑辅助设计制图与多媒体、虚拟现实及网络系统等高新技术集成融合, 开展对地球系统科学、地球信息机理分析、资源综合应用、环境综合整治、优化生态和区域持续发展等理论与实践的应用研究。《地球信息科学》学报主要刊登上述方面的理论研究、科研成果、知识创新、专题论坛、技术市场与应用、学术动态等内容, 以促进国内外学术成果和信息、经验交流。本刊由科学出版社出版发行, 自 2003 年正式由邮局发行, 国内邮发代号: 82-919 国际发行代号: QR1706, 广告经营许可证: 京东工商广字第 0034 号。欢迎广大读者踊跃订阅。全年 4 期, 合计 80 元 (含邮寄费) 信汇、邮汇均可。

汇款地址: 100101 北京市安外大屯路 917 大楼  
中国科学院地理科学与资源研究所《地球信息科学》编辑部  
帐号: 工商行中关村支行东升路分理处 0200006209089116297

《地球信息科学》编辑部  
2003 年 3 月