

滇池入湖河流“十一五”综合整治效果分析*

刘瑞志¹ 朱丽娜^{1,2} 雷 坤¹ 富 国¹ 邓义祥¹ 郑一新³ 李子成¹ 李福建¹

(1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012;

2. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081; 3. 昆明市环境科学研究院, 云南 昆明 650031)

摘要 滇池是中国“三河三湖”治理的重点湖泊之一, 是中国著名的高原淡水湖泊。“十一五”期间, 昆明市政府加大对滇池入湖河流的综合整治力度。纳入水质监测的 29 条主要入湖河流中, 通过分析综合污染指数和有机污染指数, 评价“十一五”期间的人湖河流水污染综合整治效果。结果表明, 经过大力整治, 滇池大部分主要入湖河流的水质改善明显, 综合污染指数和有机污染指数均大幅下降, 河流污染整治效果显著; 但部分河流的综合污染指数和有机污染指数仍明显升高, 河流水质有进一步恶化趋势, 入湖河流综合整治工作仍任重道远。

关键词 滇池 “十一五” 入湖河流 综合污染指数 有机污染指数

滇池古称滇南泽, 是我国著名的高原淡水湖泊, 属于中国六大淡水湖泊之一, 为中国西南云贵高原第一大淡水湖^[1,2]。滇池流域属于长江流域的金沙江水系, 入湖河流是滇池的主要补给水源, 据统计, 滇池每年约有 70%~80% 的人湖水来自河道水补给。滇池入湖大小河流共有 120 余条, “十一五”期间, 纳入监测的河流主要有 29 条, 其中入滇池草海有 7 条, 其余 22 条均汇入滇池外海^[3]。

滇池入湖河流既是滇池的补给水源通道, 又是污染物的入湖主要通道。近年来, 随着昆明市人口增长和城市化进程加剧, 城镇生活污染负荷持续增长, 加上昆明市城市排污管网和水污染治理设施尚不完善, 许多污染物没有得到有效处理即排入水体, 经入湖河流进入滇池。在农业生产方面, 滇池流域历史上是以水稻、小麦、蚕豆为主, 近年来产业结构调整, 农业生产改为以花卉和蔬菜为主, 由于花卉和蔬菜生产本身的特点, 导致滇池流域氮、磷等营养元素的流失量很大, 许多的氮、磷营养元素排入滇池入湖河流中。这一方面会导致污染物在河流底部沉积; 另一方面, 还有部分污染物会随河入湖, 成为滇池水体富营养化的主要原因之一。国家从“九五”开始, 就将滇池列入全国的“三河三湖”进行重点整治^[4]。

“十一五”期间, 昆明市针对滇池流域进行了集中整治, 建立了“河(段)长负责制”, 由昆明市级领导担任河长, 实行最严格的河道管理和监督考核, 分段监测、分段考核、分段问责。同时, 开展河道综合整治“158 工程”, 突出支流沟渠的截污和治污, 启动各河道支流沟渠综合整治。通过“十一五”期间的持续

治理, 主要入湖河流水质得到明显改善。

因为常规的单因子评价已不足以评估水体的综合污染水平和有机污染水平, 本研究采用综合污染指数和有机污染指数对主要入湖河流进行评价, 分析“十一五”期间河流的综合整治效果, 以期对“十二五”及远期滇池水污染防治工作提供支撑。

1 材料与方法

1.1 入湖河流及数据来源

滇池入湖河流较多, 本研究选取“十一五”期间纳入水质监测的 29 条河流作为研究对象, 其中入滇池草海 7 条, 入滇池外海 22 条。

历年入滇河流的水质监测数据源自《滇池流域水污染防治“十二五”规划研究报告》, 监测项目执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。

1.2 评价方法

1.2.1 综合污染指数评价法

水质综合污染指数是在单项污染指数评价基础上计算得到^[5,6]。考虑到滇池入湖河流水污染特点, 在计算水质综合污染指数时选择了滇池流域具有代表性的水质指标, 包括 DO、高锰酸盐指数、BOD₅、COD、NH₃-N、石油类、挥发酚、总磷和汞。

单项污染指数(P_i)的计算方法:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

式中: C_i 为入湖河流污染物实测浓度, 单位根据不同污染物确定; S_i 为入湖河流相应水环境功能区类别的标准值, 单位根据不同污染物确定。

第一作者: 刘瑞志, 男, 1980 年生, 博士, 助理研究员, 主要从事水污染防治和水环境毒理学研究。

* 国家重大水污染专项“控制单元水质目标管理技术研究”课题(N012009ZZ07526-005), 滇池流域水污染防治“十二五”规划项目。

表1 综合污染指数分级评价体系

P	水体类型	水质指标	水体功能
≤ 0.8	合格	各项水质指标基本上能达到相应的功能标准,即使有个别指标超标,但超标倍数较小(1倍以内)	水体功能可以得到充分发挥,没有明显的制约因素
$0.8 < P \leq 1.0$	基本合格	少数指标超过相应类别的标准,但这些指标不直接影响到水体功能效应	水体功能没有受到明显损害,但在一定程度上受到某些因素(水质指标)的制约
$1.0 < P \leq 2.0$	污染	由于综合污染指数已明显超过1.0的标准限值,多项指标值已超过相应的标准值	水体功能明显受到制约,要充分发挥水体的原有功能需采取一定的工程性或非工程性措施,水质对应于其功能已受到污染
$P > 2.0$	重污染	各项水体指标的总均值已超过标准1倍以上,部分指标可能超过标准数倍	水体功能已受到严重危害,如不采取必要的措施,直接利用其水体功能可能是危险的。对这类水体必须采取必要的措施,或改变其功能,或付诸行动开展污染治理

综合污染指数(P)的计算方法:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

式中: P 为综合污染指数; n 为参与评价的水质指标数,本研究中为 9。

根据水质综合污染指数的大小可将水体分为合格、基本合格、污染和重污染 4 类。不同类型水体相应的综合污染指数和水质现状见表 1。

由于水质综合污染指数的计算是基于不同类别标准的基础计算得到,所以综合污染指数的比较只能在同一类别水体中进行,不同类别的水体之间缺少可比性。

1.2.2 有机污染指数评价法

为了评价入湖河流的有机污染状况,本研究采用河流有机污染指数(又称有机物污染综合指数)进行评价^[7-9],其计算公式为:

$$A = A_{\text{BOD}_5} + A_{\text{COD}} + A_{\text{NH}_3\text{-N}} - A_{\text{DO}} \quad (3)$$

式中: A 为有机污染指数; A_{BOD_5} 为 BOD_5 实测值和评价标准值的比值; A_{COD} 为 COD 实测值和评价标准值的比值; $A_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 实测值和评价标准值的比值; A_{DO} 为 DO 实测值和评价标准值的比值。

根据入湖河流有机污染指数大小,分级评定有有机物污染程度。选取的评价标准值按河流功能区要求的水质类别进行计算。水质分级评价见表 2。

表2 有机污染指数分级评价体系

A	污染程度分级	水质质量评价
< 0	0	良好
$0 \sim 1$	1	较好
$1 \sim 2$	2	一般
$2 \sim 3$	3	开始污染
$3 \sim 4$	4	中等污染
> 4	5	严重污染

2 研究结果

2.1 滇池草海入湖河流整治效果分析

2.1.1 入湖河流主要情况

滇池草海的入湖河流主要有 7 条,具体情况见表 3。

2.1.2 “十一五”综合整治效果分析

(1) 综合污染指数评价

由图 1 可见,经过“十一五”综合整治,草海大部分入湖河流水质改善明显,河流综合污染指数总体呈下降趋势。至 2010 年,新运粮河、王家堆渠为重

表3 草海入湖河流情况

序号	河流名称	功能区水质要求	流域范围
1	乌龙河	Ⅳ类	起于昆明医学院,经白马小区、西南建材市场、明波办事处,在明家地(明波村)汇入草海
2	新运粮河	Ⅳ类	流经五华区、高新区、西山区,在积下村入草海,昆明市主城区盘龙江西主要的防洪、排污河道
3	老运粮河	Ⅳ类	起于菱角塘,经赵家堆过人民西路一号桥,穿环西路纳小路沟、七亩沟、鱼翅沟来水,在积善村注入草海
4	王家堆渠	V类	起于昆明市西山区普坪村发电厂,流经龙船甸、河尾村、王家堆入滇池草海
5	大观河	Ⅳ类	起于篆塘公园,止于大观公园滇池入海口,流经主城区的重要景观河道,属五华区和西山区的管辖
6	船房河	Ⅳ类	位于昆明城区西南部,是入滇主要河流之一。以成昆铁路为界,上段称为兰花沟,起于圆通山东口,以合流制为主的下水道,合流污水部分进入第一污水处理厂;下段称为船房河,为合流制排水河道,旱季经船房河泵站抽排至西园隧洞,雨季进入草海
7	西坝河	Ⅳ类	起于昆明市西山区玉带河鸡鸣桥,流经金碧、福海街道办事处,自北向南流经弥勒寺、西坝、马家堆、福海,至新河村入滇池草海

环境工程与环保网 <http://www.zjepc.com>

污染状态;老运粮河、西坝河为污染状态;乌龙河、大观河为基本合格;船房河为合格。

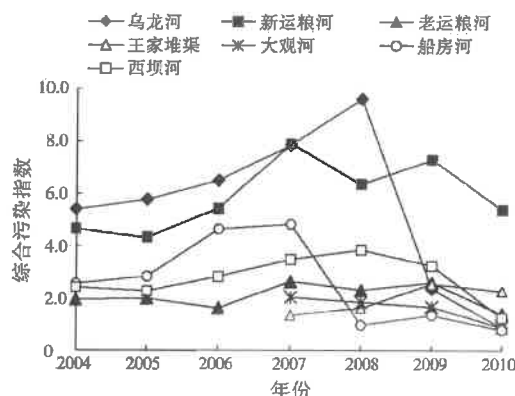


图1 草海入湖河流综合污染指数评价

乌龙河、船房河的综合污染指数改善最为显著,乌龙河从2008年的9.64下降到2010年的0.88,下降了90.9%;船房河综合污染指数从2007年的4.85下降到2010年的0.79,下降了83.7%。此外大观河、西坝河的综合污染指数也呈稳步下降趋势。

老运粮河的综合污染指数在1.41~2.65浮动,一直处于“污染—重污染”水平,2009—2010年综合污染指数下降幅度明显,由重污染转为污染状态,污染情况好转。

王家堆渠从2007年开始有监测数据,综合污染指数一直呈上升趋势,从2007年的1.36上升至2010年的2.28,由污染状态转变为重污染状态,综合污染情况加重。

新运粮河综合污染指数在4.33~7.89浮动,均处于重污染状态,且整体呈现上升趋势,表明新运粮河综合污染整治效果并不显著。

(2) 有机污染指数评价

由图2可见,“十一五”期间,滇池草海入湖河流有机污染虽然仍处于较高的水平,但大部分河流有机污染指数显著降低,总体呈下降趋势。至2010年,

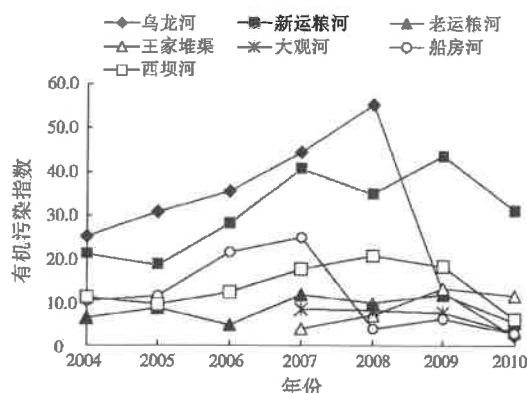


图2 草海入湖河流有机污染指数评价

新运粮河、老运粮河、王家堆渠、西坝河为严重污染状态;大观河为中等污染状态;乌龙河、船房河为开始污染状态。

“十一五”期间,乌龙河、船房河有机污染改善最为明显。乌龙河有机污染指数从2008年的55.16下降到2010年的2.14,下降了96.1%;船房河有机污染指数从2007年的24.78下降到2010年的2.69,下降了89.1%。此外,大观河、西坝河的有机污染也呈现稳步下降趋势。

老运粮河有机污染指数在4.85~11.67,处于严重污染水平,但2009—2010年下降幅度明显,由11.63下降为5.38,有机污染水平明显降低。

王家堆渠从2007年开始有监测数据,其有机污染指数呈上升趋势,从2007年的3.98上升至2010年的11.44,由中等污染状态转变为严重污染状态。

2004—2010年,新运粮河的有机污染指数一直处于严重污染状态,在18.65~43.59波动,虽然2009—2010年略有下降,但整体呈上升趋势,表明新运粮河的“十一五”综合整治效果并不显著,有机污染明显加剧。

2.2 滇池外海入湖河流整治效果分析

2.2.1 入湖河流主要情况

滇池外海入湖河流较多,水量较大的有22条,为了研究方便,按照河流与滇池的相对位置将河流分为外海北岸入湖河流、外海东岸入湖河流和外海南岸入湖河流,具体情况见表4。

2.2.2 “十一五”综合整治效果分析

(1) 综合污染指数评价

由图3和图4(柴河未列入)可见,“十一五”期间,除个别河流外,大部分入外海河流综合污染指数稳步下降。至2010年,外海北岸的采莲河、小清河为重污染状态,金家河、海河、虾坝河为污染状态;大清河、五甲宝象河为基本合格状态,其他河流均为合格状态;外海东岸和南岸的入湖河流的综合污染指数均小于0.8,均为合格状态。

外海北岸入湖河流中,大清河、海河和六甲宝象河的综合污染指数改善最为显著,其中大清河由2005年4.42下降到2010年0.93,由重污染状态转变为基本合格状态,综合污染指数降低了79.0%;海河从2007年4.67下降到2010年1.47,由重污染状态转变为污染状态,降低了68.5%;六甲宝象河从2008年2.97下降到2010年0.66,由重污染状态转变为合格状态,下降了77.8%。五甲宝象河、老宝象河、盘龙河、新宝象河综合污染指数自

表 4 外海入湖河流情况

区域	河流名称	功能区水质要求	流域范围
外海北岸	采莲河	Ⅳ类	位于昆明市区南部,自螺蛳湾黄瓜营分流盘龙江水,向西流经豆腐营至老鸦营转向西南,过卢家地、李家村、田家地村、大坝村、度假区,从海埂公园东泵站抽排入滇池外海
	金家河	V类	金家河为金太河于四道坝的分流河道之一,属于西山区前卫街道办事处管辖范围,流经拥护、金河 2 个社区委员会
	盘龙江	Ⅳ类	盘龙江的主源为牧羊河(又称小河)发源于嵩明县境内的梁王山北麓葛勒山的啞啦管,由黄石岩南流入官渡区小河乡
	大清河	V类	大清水系发源于昆明北郊松花坝水库,由上游的金汁河、中下游的明通河与枳槽河、下游的大清河组成,明通河下段与枳槽河在张家庙交汇后称为大清河
	海河	V类	发源于官渡区撮云山,海河前段名东白沙河,主要流经金马、小板桥、六甲,最后在福保文化城进入滇池
	六甲宝象河	V类	属于宝象河的支流,起源于小板桥街道办事处羊甫分洪闸,经福保村汇入海河入滇池
	小清河	V类	是主城区南区的排涝河道,原为六甲宝象河的一条分支,现自成独立河流水系,小清河属低位河,该河发源于小板桥镇云溪村附近,小清河与六甲宝象河在福保村汇合后由泵站抽入五甲河,然后一起汇流入滇池
	五甲宝象河	V类	起源于小板桥云溪村九门里,终点至六甲小河咀入湖口,全长 8.03 km,汇水面积 2.93 km ²
	虾坝河	V类	是宝象河的另一分洪、灌溉河道,从织布营村起,主河道沿金刚村、穿广福路桥,在姚家坝处分分为姚安河、新运粮河两条支流,入湖口分别为福保与昆明艺术学院
	老宝象河	V类	自小板桥大街新村由宝象河分流,经过小板桥、官渡镇,最后在宝丰村汇入滇池
外海东岸	新宝象河	V类	发源于宝象河水库,自东向西,流经昆明东南郊的大板桥、阿拉、小板桥、官渡、六甲等乡镇,最终流入滇池
	马料河	V类	发源于阿拉黄龙潭,官渡辖区内马料河流经矣六街道办事处、矣六、王官、五腊和关锁等 5 个村委会汇入滇池
	洛龙河	V类	发源于吴家营街道白龙潭,是贯穿城市东西向的主要入滇河道和主城的景观河道,在江苇村进入滇池
	捞鱼河	V类	又称为胜利河,发源于呈贡县松茂水库,其中:大渔乡段 4 674 m(从月角村委会三板桥至滇池入口处),流经月角、大渔、大河 3 个村委会,属昆明市主要入滇河流
	南冲河	V类	发源于呈贡县韶山水库,其中呈贡段长 7.5 km,晋宁段长 2.41 km
	淤泥河	V类	淤泥河(又称大河)与白鱼河起源于大河水库,在小寨分流,水量较小支流为淤泥河,较大支流与柴河一支流汇合,称为白鱼河,流经晋城、新街,上蒜至滇池
	白鱼河	V类	
	柴河	V类	发源于六街乡柴河水库,主要流经上蒜、六街 2 个乡镇
	茨巷河	V类	位于晋宁县上蒜乡,是柴河下游河道,起点为小朴分洪闸,流经上蒜乡小朴村委会、立字公司、昆明化肥厂,上蒜乡石将金集镇、牛恋村委会,终点为上蒜乡牛恋村委会小渔村,由小渔村流入滇池,全长 4.38 km
	古城河	V类	发源于昆明镇汉云的牛洞管,流经汉云、昆明磷肥厂,由马鱼滩村流入滇池
外海南岸	东大河	V类	东大河起源于晋宁县双龙水库与洛龙河水库,在兴旺村进入滇池
	护城河	V类	又称为中河,由东大河普达闸分流,主要流经永乐大街、昆明女子监狱,进入滇池

2007 年起,呈现逐步下降的趋势。金家河、小清河、虾坝河的综合污染指数变化不大,均在一定范围内波动,其中金家河和小清河总体呈上升趋势,虾坝河总体呈下降趋势。采莲河是外海北岸综合污染指数唯一一条呈大幅上升的入湖河流。从 2005 年的

1.16 上升到 2009 年的 4.16,虽然 2009—2010 年略有下降,但仍处在较高水平,表明综合污染程度逐步加剧,水质有进一步恶化的趋势。

外海东岸和南岸入湖河流的污染情况较轻。“十一五”期间,茨巷河、中河、马料河、大河等河流的

环境污染与防治网 <http://www.zjepc.com>

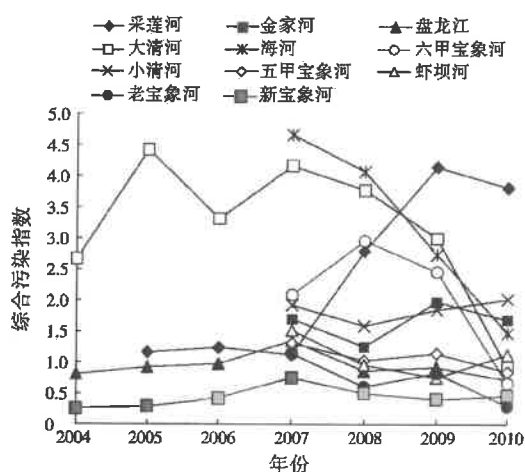


图3 外海北岸入湖河流综合污染指数评价

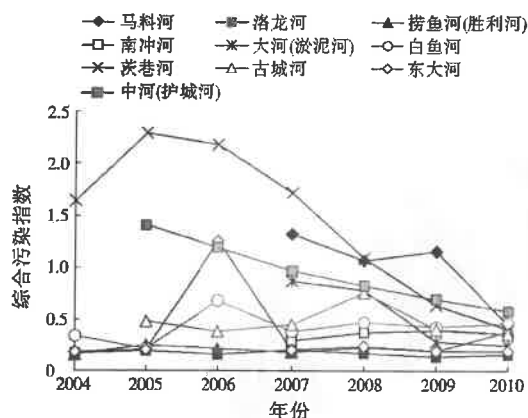


图4 外海东岸和南岸入湖河流综合污染指数评价

综合污染指数均出现明显下降,其中茨巷河改善最为明显,由2005年的2.29下降到2010年的0.41,由重污染改善为合格状态;中河、马料河均由污染状态改善为合格状态;东大河除2006年为污染状态外,其余年份均为合格状态;其他河流均处于合格状态。

(2) 有机污染指数评价

由图5和图6(柴河未列入)可见,“十一五”期间,除个别河流外,外海入湖河流有机污染指数均出现显著下降,有机物污染情况好转。至2010年,外海北岸采莲河、金家河、海河、小清河、虾坝河为严重污染状态;大清河为开始污染状态;盘龙江、六甲宝象河、五甲宝象河为一般状态;老宝象河和新宝象河均为良好状态。外海东岸和南岸入湖河流中,除中河为一般状态外,其他河流均为良好状态,表明东岸和南岸的入湖河流的有机污染情况较轻。

外海北岸入湖河流中,“十一五”期间,大清河、海河、六甲宝象河、老宝象河、盘龙江、五甲宝象河的有机污染指数呈现显著下降,大清河由2005年

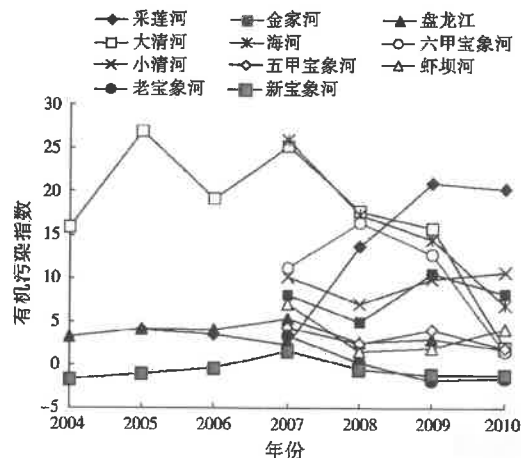


图5 外海北岸入湖河流有机污染指数评价

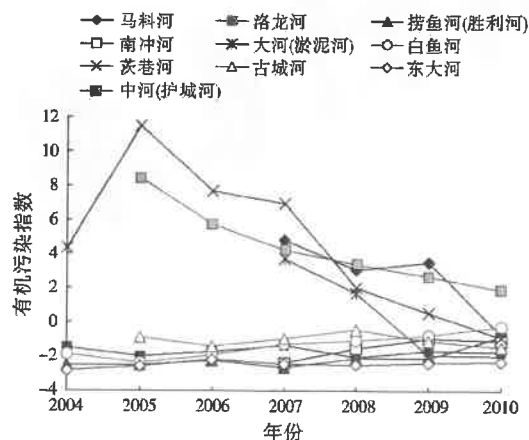


图6 外海东岸和南岸入湖河流有机污染指数评价

26.83下降到2010年2.11,海河由2007年得25.87下降到2010年的6.94,六甲宝象河由2008年的16.39下降到2010年的1.67,老宝象河由2007年的3.45下降到2010年的-1.47,盘龙江的有机污染指数由2007年的5.37下降到2010年的1.81,五甲宝象河由2007年的4.30下降到2010年的1.94。新宝象河有机污染指数除2007年达到1.59,为一般状态外,其他年份均为良好状态。虾坝河、小清河、金家河3条河流2007—2008年有机物污染指数显著下降,但2008年后又呈上升趋势,表明这3条河流2008年后有机污染有加重趋势。在入滇池外海北岸的河流中,采莲河的有机物污染指数明显升高,从2007年的2.36上升到2010年的20.33,表明采莲河有机物污染明显加剧,“十一五”的整治效果较差。

“十一五”期间,外海东岸和南岸入湖河流有机物污染较轻。其中洛龙河、捞鱼河、南冲河、白鱼河、古城河、东大河的有机物污染指数均在0以下,为良好状态,马料河、大河、茨巷河和中河有机污染指数

显著下降,有机污染治理效果显著,至2010年,除中河为一般状态外,其他3条河流的有机污染指数均小于0,为良好状态,有机物污染情况显著减轻。

3 讨论

近年来,昆明市先后成立相关管理部门、出台相关措施,加大滇池流域的综合整治力度。2002、2004年,昆明市相继成立“滇池管理局”和“滇池管理综合行政执法局”。2008年1月,昆明市成立“滇池流域水环境综合治理指挥部”,统筹协调滇池治理过程中各部门的相关工作。为适应滇池流域的水环境保护,还相继成立了滇池北岸水环境综合整治工程管理局、环湖南岸工程指挥部、环湖东岸工程指挥部,具体负责滇池流域不同区段的污染治理。2008年3月27日,昆明市对滇池流域主要入湖河流正式施行“河(段)长负责制”,将入湖河流的管理和治理工作落实到各级行政领导,实行分段监控、分段管理、分段考核、分段问责,这极大地调动了各方力量综合整治滇池入湖河流,改善入湖河流的水质状况。2009年11月23日云南省政府对《滇池保护条例》进行了修订听证会。于2010年5月1日起施行了《昆明市河道管理条例》,对滇池入湖河流进行保护和综合整治。这一系列重大措施的出台、实施和落实,是滇池入湖河流水质环境改善的主要原因之一,在制度上保障了入湖河道综合整治效果的实现。

“十一五”期间,昆明市加强对入湖河流的综合治理,实施了小流域综合整治、河道清淤、生态河道建设等工程,主要入湖河流的污染情况显著减轻,水质明显改善。通过比对综合污染指数和有机污染指数发现,草海和外海北岸的入湖河流污染情况比较严重。这是因为草海以及外海北岸入湖河流主要流经昆明市城区,部分城市生活污染汇入河流中,再随之排入滇池北部水域,这不但污染了北部入湖河流,同时也是滇池入湖污染物的主要来源。经过“十一五”大力整治,大部分河流综合污染指数和有机污染指数显著下降,水质改善效果明显,但以王家堆渠、新运粮河、采莲河为代表的河流,污染情况仍不容乐观,综合污染指数和有机污染指数明显升高,水质恶化趋势明显。表明在“十一五”期间,这些河流虽经过综合整治,但没有取得较好的治理效果,综合污染和有机物污染加剧,存在河流水质进一步恶化的风险。

滇池东岸为在建的呈贡新区,南岸为晋宁县辖区,区域内非点源是河流的主要污染物来源之一,经过“十一五”期间“禁花减菜”和农业产业结构调整等

措施的落实,入湖河流综合污染指数和有机污染指数均出现大幅下降,水质显著改善。但在“十二五”期间,随着呈贡新区的建设,滇池外海东岸生活污染源和城市非点源将成为最大的污染负荷增长点,为外海东岸入湖河流水质改善增加了新的压力。

4 结论

(1)“十一五”期间,昆明市通过实施“河(段)长负责制”、修订《滇池保护条例》、制定出台《昆明市河道管理条例》、开展入湖河流小流域综合整治、产业结构调整等措施,滇池大部分入湖河流的综合污染指数、有机污染指数均出现大幅下降,综合污染、有机污染情况明显减轻,取得了显著的治理效果。

(2)滇池北岸(包括草海和外海北岸)入湖河流流经昆明市主城区,有大量城市生活污染随生活污水和雨水等途径汇入,污染情况较为严重;经过“十一五”治理,大部分河流综合污染指数、有机污染指数均大幅降低。但新运粮河、王家堆渠、采莲河等河流污染情况不容乐观,综合污染指数和有机污染指数均大幅升高,没有取得较好的治理效果,河流水质存在进一步恶化的风险。

(3)滇池东岸和南岸(外海东岸、南岸)入湖河流的污染源主要以非点源为主,城市生活污染源较少,大部分河流水质较好,“十一五”期间,昆明市实施了“禁花减菜”、“四退三还”等产业结构调整措施,滇池东岸和南岸河流的水质呈现明显好转。但随着“十二五”城市重心的转移、呈贡新区的建设,滇池东岸仍存在生活污染源和城市非点源负荷增加的问题,入湖河流水质改善仍面临新的压力。

参考文献:

- [1] 黄永泰.滇池污染状况及其综合治理[J].环境污染与防治,1999,21(4):28-31.
- [2] 于希贤.滇池历史地理初步研究[J].云南地理环境研究,2003,15(4):32-38.
- [3] 李跃勋,徐晓梅,何佳,等.滇池流域点源污染控制与存在问题解析[J].湖泊科学,2010,22(5):633-639.
- [4] 刘晓海,高云涛,杜刚,等.铁离子对滇池藻类生长的影响[J].环境污染与防治,2006,28(5):324-326.
- [5] 韩炜,杨靖,孟庆江.京杭运河徐州市市区段水质状况分析[J].环境科技,2010,23(2):84-85.
- [6] 上海市环境保护局.上海市环境状况公报[R].上海:上海市环境保护局,2010.
- [7] 张锦,王克波,高素琴,等.有机物污染综合指数在水源水质评价中的应用[J].污染防治技术,1997,10(1):17-18.
- [8] 毛兴华.常用水质评价方法的选择[J].水科学与工程,2006(1):21-23.
- [9] 贾晓平,林钦,甘居利,等.红海湾水产养殖示范区水质综合评价[J].湛江海洋大学学报,2002,22(4):37-43.