

YUNNANSHENG XINGYUNHU FUXIANHU
HUANJING ZONGHE ZHENGZHI
CHULIU GAIDAO GONGCHENG YANJIU



云南省星云湖、抚仙湖 环境综合整治 出流改道工程研究

汪俊三 李俊 主编

中国环境科学出版社

云南省星云湖、抚仙湖环境 综合整治出流改道工程研究

汪俊三 李 俊 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

云南省星云湖、抚仙湖环境综合整治出流改道工程
研究 / 汪俊三, 李俊主编. —北京: 中国环境科学出
版社, 2009

ISBN 978-7-80209-945-6

I. 云… II. ①汪… ②李… III. ①湖泊—水环
境—综合治理—云南省②湖泊—河道整治—云南省
IV. X524 TV882.974

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 024632 号

责任编辑 刘 璐

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 7.25
字 数 150 千字
定 价 35.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 委 会

主 编：汪俊三 李 俊

编写人员：

环境保护部华南环境科学研究所（环境保护相关内容）

汪俊三 许振成 张玉环 彭海君 蔡信德

梁明易 陈毓华 房怀阳 张 毅 吕家扬

洪轶璇

广东省水利电力勘测设计研究院（水利工程相关内容）

李 俊 王俊红 林振勋 陈德雅 郑国权

谢建刚 刘海洋 陈一兵 吴 晖 龚惠军

江火荣 李长能 张学敏 何文云 卫乃惠

目 录

第1章 概述	1
1.1 研究工程背景	1
1.2 工程意义和主方案	1
1.3 工程主方案涉及水体的保护目标	2
1.4 工程主方案涉及的相关联范围	3
1.5 工程主方案研究内容	3
第2章 研究工程的必要性	4
2.1 自然与环境概况	4
2.2 流域社会经济发展状况	4
2.3 抚仙湖的生态脆弱性与发生富营养化的潜在危险	5
2.4 抚仙湖已经面临着富营养化的严重威胁	6
2.5 星云湖水质污染是抚仙湖的心腹之患	8
第3章 水文	10
3.1 气象	10
3.2 径流分析计算	10
3.3 星云湖、抚仙湖入湖洪水分析	13
3.4 星云湖、抚仙湖流域泥沙估算	14
3.5 水情测报系统	14
第4章 工程地质	15
4.1 工程区地质概况	15
4.2 引水线路方案的比较	17
4.3 各建筑物工程地质条件评价	17
4.4 天然建筑材料	22
4.5 小结	22

第 5 章 工程任务和规模	24
5.1 工程任务	24
5.2 星云湖、抚仙湖流域水量平衡分析	24
5.3 红塔区水资源量供需分析	26
5.4 工程规模	27
5.5 出流改道后对下游防洪的影响	30
5.6 出流改道后对湖周抽水站的影响	31
5.7 出流改道后对海口河梯级电站的影响	31
第 6 章 工程布置及建筑物	32
6.1 工程等别及建筑物级别	32
6.2 工程布置	32
6.3 主要建筑物	35
6.4 相关工程	39
第 7 章 出流水质净化工程	40
7.1 星云湖出流水水质控制的重要性	40
7.2 星云湖出流水水质控制的工艺优化	40
7.3 现场模拟试验	41
7.4 高等维管束植物净化氮磷能力	45
7.5 可行性分析	47
7.6 星云湖出流水水质控制其它方法可行性分析	53
7.7 环境影响控制管理对策	55
7.8 小结	55
第 8 章 工程占地	56
8.1 设计依据	56
8.2 工程占地范围及主要实物指标	56
8.3 移民安置	57
8.4 补偿投资估算	57
第 9 章 水土保持	59
9.1 项目区水土流失及防治状况	59
9.2 生产建设过程中水土流失预测	59

9.3 水土流失防治方案	59
9.4 水土保持投资估算	60
9.5 小结	60
第 10 章 环境影响分析	61
10.1 出流改道对社会经济环境影响分析	61
10.2 陆地生态环境影响分析	64
10.3 水环境质量现状调查分析	68
10.4 污染源预测分析	69
10.5 水环境影响预测分析	72
10.6 水生生态影响分析	78
10.7 生态及环境监理	85
10.8 公众意愿分析	86
10.9 方案比选分析及结论	86
第 11 章 工程投资估算	91
11.1 概况	91
11.2 估算编制依据和定额	91
11.3 价格及费率	91
11.4 工程投资	92
第 12 章 经济评价	93
12.1 概述	93
12.2 资金筹措	93
12.3 基本数据	93
12.4 国民经济评价	93
12.5 财务评价	95
第 13 章 结论	96
附表一 工程投资估算总汇总表	97
附表二 星云湖、抚仙湖出流改道工程特性表	98

第 1 章 概 述

1.1 研究工程背景

“云南省玉溪市星云湖、抚仙湖环境综合整治出流改道工程”是云南省玉溪市环境综合治理大型基础设施工程之一，也是云南省高原湖泊环境保护工程之一。工程得到了国家和云南省有关领导的高度重视。

1.2 工程意义和主方案

1.2.1 工程意义

星云湖、抚仙湖位于云南省江川县、澄江县、华宁县三县境内（附图 1），是云南省九大高原湖泊中的两个姊妹湖，均属南盘江水系。近年由于星云湖周边的工农业发展和人口增长，星云湖受到严重污染，水质下降为Ⅳ类水体，湖泊富营养化达到中—富营养型。星云湖是抚仙湖的上游湖泊，两湖由星云湖的唯一出口隔河相连。受星云湖来水等污染，抚仙湖目前的水质呈明显下降趋势，部分水域已超Ⅰ类水质标准。星云湖每年经出口向抚仙湖注入大量的Ⅳ类水，而抚仙湖由于湖深而具有“纳污吐清”的特点，如不及时采取有效的措施，星云湖入流对抚仙湖水水质势必造成越来越严重的威胁，而湖水更换周期达 70 余年的抚仙湖一旦水质恶化，将几乎不能恢复，形势很是紧迫。

工程的意义主要表现在：

（1）可以使得抚仙湖优质水体免受星云湖污染水质的连带污染。工程实施之后，隔河的水流方向将发生逆转：从抚仙湖流入星云湖。这样一来，就可以避免星云湖水对抚仙湖的污染，减少抚仙湖污染负荷 TN 37.09 t/a、TP 3.49 t/a、COD_{Cr} 1 059 t/a、SS 436.4 t/a，防止星云湖蓝藻涌入抚仙湖，这对于保护抚仙湖、延缓富营养化将起到显著的作用，尤其将会从根本上改善抚仙湖南部的水质和生态环境。

（2）可以利用抚仙湖水更换星云湖水，加速星云湖的生态恢复。工程实施之后，平

均每年约有 2 000 余万 m^3 抚仙湖 II 类水倒流进入星云湖 IV 类水体, 对星云湖将起到稀释净化作用。加上各项污染源控制工程的作用, 这将加速星云湖污染治理进程, 有利于蓝藻水华的控制和水生植被的恢复。

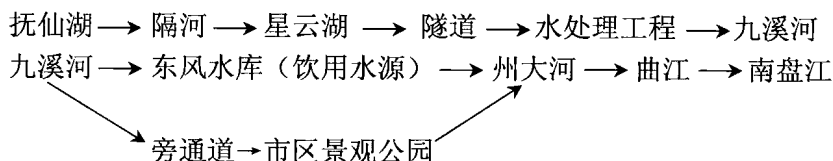
(3) 将星云湖出流水调到玉溪市, 水资源调配更为合理, 满足玉溪市持续发展用水的需求。位于玉溪市红塔区的中心城区, 按规划将发展成为溪水长流、山川秀丽的现代化城市。红塔区的水资源量在近期基本能满足城市发展需要, 但从中长期看, 如不引入外域水源, 水资源将成为城市发展的制约因素。

1.2.2 工程主方案

二湖湖水现有的出流线路: 星云湖→隔河→抚仙湖→海口河→南盘江。

工程研究主方案为: 自星云湖西岸向九溪河方向开挖引水隧洞, 改变星云湖水的出流方向, 并使出流湖水经过除藻和湿地净化后, 流经九溪河引入东风水库, 随后由东风水库放水入州大河经曲江河段、华溪河段在华宁县盘溪镇流入南盘江。改变星云湖的出流方向后, 将利用隔河的水闸调节抚仙湖和星云湖的水位。当星云湖水位高于抚仙湖时关闭隔河水闸, 阻断星云湖水进入抚仙湖; 而当星云湖水位低于抚仙湖时开启隔河水闸, 引来优质抚仙湖水稀释净化星云湖。

工程研究主方案实施后, 两湖湖水的出流线路为:



1.3 工程主方案涉及水体的保护目标

抚仙湖保护目标: 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) II 类 (部分区域水质现状为 II~III 类, 代表性指标);

星云湖保护目标: 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) III 类 (水质现状为 IV 类, 主要是 TP、非离子氨超标, 蓝藻暴发频繁);

东风水库保护目标: 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) II 类 (水质现状 IV 类, 主要是 TP、非离子氨超标)。

出流改造项目所经水体——九溪河的保护目标: 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) III 类。

1.4 工程主方案涉及的相关联范围

出流改道工程位于云南省玉溪市，玉溪市包括 8 个县 1 个区，国土面积为 15 285 km²。

(1) 按行政区域划分

调查范围按行政区域划分，涉及的地区主要有 6 个县区——红塔区、江川县、澄江县、华宁县、峨山县和通海县，其中直接影响范围主要有红塔区、江川县、澄江县 3 县区以及华宁县的个别村镇，间接影响范围主要为峨山县、通海县以及华宁县 3 县部分镇区，另外对红河州建水县的曲江镇也会产生一定的影响。

(2) 按流域区域划分

按流域范围划分：主要涉及星云湖、抚仙湖流域、东风水库流域以及峨山大河和曲江流域沿岸地区。其中项目直接影响范围主要为星云湖、抚仙湖流域、东风水库流域，间接影响范围为曲江流域地区以及华宁县位于海口河与华溪河入南盘江流域河段。

星云湖流域主要有：江川县的 9 个乡镇（镇 6 个、乡 3 个）——大街镇、江城镇、翠峰乡、龙街镇、前卫镇、后卫乡、大庄乡、伏家营镇、路居镇（部分）。

抚仙湖流域属澄江、江川、华宁三县共管，主要有：澄江县的 4 个镇——风麓镇、龙街镇、右所镇和海口镇，江川县的路居镇的部分村落、雄关乡的少部分村落，华宁县的海关村和海境村。土地总面积为 674.69 km²，其中澄江县 425.54 km²（含湖面面积 126 km²），江川县 170.60 km²（湖面面积 67 km²），华宁县 78.55 km²（湖面面积 19 km²）。为协调管理，设有玉溪市抚仙湖管理局。

东风水库流域主要有：红塔区、江川县的九溪镇和安化镇。

曲江流域主要有：峨山县的 2 个镇——双江镇、笑街镇；通海镇的 3 个镇——河西镇、九街镇、高大乡；华宁县的 4 个镇——盘溪镇、通红甸乡、华溪镇、青龙镇。

1.5 工程主方案研究内容

本环境综合整治工程是以保护和改善水体环境为主要任务的水利工程。主要建设内容：引水隧道、旁通泄水道等水利工程和挺水植物净化带、除藻池、人工湿地等环境工程，以及相关生态环境影响和相关保护措施。

第2章 研究工程的必要性

2.1 自然与环境概况

星云湖、抚仙湖位于云南省江川、澄江、华宁三县境内，是云南九大高原湖泊中的两个姊妹湖，属南盘江水系。

星云湖为滇中高原陷落性浅水湖泊，流域径流面积 378 km^2 ，湖面为南北向不规则椭圆形，南北长 10.5 km ，东西宽平均 3.2 km ，湖岸线长 36.3 km 。水面海拔高程 1722.00 m ，水面面积 34 km^2 ，最大水深 10 m ，平均水深 7 m ，相应湖容量 2 亿 m^3 。

抚仙湖为云南高原抬升过程中形成的断陷型深水湖泊，流域径流面积 1053 km^2 （含星云湖 378 km^2 ）。湖面似葫芦形，南北长 31.5 km ，东西最宽 11.5 km 、最窄 3 km ，平均宽 6.8 km ，湖岸线长 88.2 km ，水面面积 212 km^2 ，相应湖容量 191 亿 m^3 。

星云湖是抚仙湖的上游湖泊，两湖由一条长 2.2 km ，深 5 m ，宽 8 m 的河道——隔河相连。隔河为星云湖泄流的唯一出口，是天然河道，后经人工整治衬砌，设有闸门控制星云湖出流。据云南省人大通过的《星云湖管理条例》、《抚仙湖管理条例》，星云湖控制运行水位：最高 1722.50 m ，最低 1721.50 m 。抚仙湖控制运行水位：最高 1722.00 m ，最低 1720.50 m 。抚仙湖的出口为海口河，出口设有闸门，河水流入南盘江。

随着工业的发展及人口的增加，绝大部分工业及生活污水未经处理直接排入星云湖内，再加上农业化肥流失入湖，致使星云湖水体严重污染，富营养化程度日趋加剧。星云湖水通过隔河泄入抚仙湖，是抚仙湖的最大污染源。

2.2 流域社会经济发展状况

抚仙湖流域（不含星云湖） 675 km^2 ，分属于澄江、江川、华宁三县管辖，分布于澄江县五个乡镇，江川县两个乡镇，华宁县一个乡镇。抚仙湖流域内总人口 13.7 万 ，全流域水资源量 18220 万 m^3 ，人均占有水资源量为 1330 m^3 。全流域现有耕地面积 0.807 万 hm^2 （ 12.1 万亩 ）。工农业总产值（1990年不变价） 11.4 亿元 ，粮食总产量 3785 万 kg ，

人均占有粮食 250 kg，农村经济总收入 18.8 亿元。

星云湖属江川县管辖，流域内总人口 17.5 万，人均占有水资源量仅为 530 m³。全流域现有耕地面积 0.92 万 hm²（13.8 万亩）。2001 年工农业产值（1990 年不变价）12.8 亿元，粮食总产量 6 616 万 kg，人均占有粮食 260 kg，农村经济总收入 25.3 亿元。

澄江县和江川县是云南省粮油、烟、菜和渔业的主产区之一。抚仙湖和星云湖流域无论是人口、工农业产值还是耕地面积都在澄江县和江川县占有绝对多数，是两县的经济主体区。

2.3 抚仙湖的生态脆弱性与发生富营养化的潜在危险

2.3.1 抚仙湖生态系统结构的不稳定性

抚仙湖是一个典型的深水湖泊，湖岸陡峭，岸滩不发达，底质为岩石、砾石或粗沙，沿岸带以大型植物为主的水生生物群落分布面积仅占整个湖面的不到 0.1%。大型水生植物是藻类最强劲的竞争对手，缺乏大型植物的深水湖泊在富营养化方面表现得比较脆弱，磷负荷能力较低，并且在 TP 含量 0.020 mg/L 左右就会发生蓝藻水华（表 2-1）。抚仙湖湖水 TP 含量已经接近这一水平，随时都有可能发生蓝藻水华。

抚仙湖生态系统以藻类为基础。浮游动物是藻类的天敌，银鱼引入抚仙湖后大量捕食浮游动物，使得藻类的生长失去控制，因而在抚仙湖发生蓝藻水华的危险性更大。

表 2-1 不同深度湖泊的富营养化特点

湖 泊	平均深/ m	水生植被 盖度/%	磷负荷/ [g/ (m ² ·a)]	湖水 TP/ (mg/L)	蓝藻水华
东太湖	1	96	3.95	0.075	无
洱 海	11.7	30	0.43	0.020	已出现
千岛湖	37	~0	—	—	已出现
抚仙湖	70	~0	0.22	0.01~0.02	

2.3.2 营养元素收支严重失衡

抚仙湖的深水湖泊特点决定了其较高的污染物沉降积累特性。加上抚仙湖南北狭长，入湖污染物主要从南北两端注入，而出水河流海口河位于东岸中部，远离两端，决定了抚仙湖“纳污吐清”的特性。因而，抚仙湖具有特别高的污染物滞留率（表 2-2），很容易发生营养盐的积累而发生富营养化。

表 2-2 抚仙湖的营养盐积累特性

项 目	TN/ (t/a)	TP/ (t/a)
入湖污染负荷	338.32	43.74
随水流输出	27.84	1.16
污染物滞留率	91.8%	97.4%

2.3.3 抚仙湖一旦发生富营养化就无可挽回

抚仙湖深逾百米，容水量 189.3 亿 m³，多年平均入湖径流量仅为其容水量的 1/70，属于滇中干旱缺水地区，一旦发生富营养化，就现在人类的技术水平是无法将其治愈的。因此，我们唯一的选择就是竭尽全力保护她。

2.4 抚仙湖已经面临着富营养化的严重威胁

抚仙湖的富营养化正在加速发展，TN、TP 指标已经达到Ⅱ～Ⅲ类水质（表 2-3），在局部湖区和季节甚至出现了Ⅳ类水质，湖水透明度持续下降。尤其在进入 20 世纪 90 年代之后，绿藻大量繁殖（表 2-4），这是进入富营养化前期的标志，在一般湖泊的富营养化发展过程中，绿藻之后必然会出现蓝藻优势。

藻类的大量繁殖导致了湖水透明度的急剧下降（图 2-1）。在 1995—1998 年短短的 3 年中，藻类数量增加了 1 倍（表 2-4）；自 1994 年以来，湖水透明度以每年 0.35 m 的平均速度下降（表 2-3）。由于藻类的增加和透明度的下降，湛蓝的抚仙湖水体正在变得黯然失色。照此趋势发展下去，最多不超过 10 年，星云湖蓝藻水华暴发的悲剧就会在抚仙湖重演。因此，必须立即采取一切可能的有效手段来保护抚仙湖，防止进一步的污染和富营养化，防患于未然。

表 2-3 抚仙湖富营养化发展趋势

年份	COD _{Mn}		BOD ₅		透明度		TP		TN	SS	
	mg/L	水质类别	mg/L	水质类别	m	水质类别	mg/L	水质类别	mg/L	水质类别	mg/L
1980	1.49	I	—	—	7.01	II	0.005	II	0.07	II	—
1982	1.02	I	0.83	I	—	—	—	—	—	—	5.6
1983	0.91	I	1.69	I	—	—	—	—	—	—	6.0
1984	0.68	I	1.35	I	7.7	II	0.018	III	0.100	II	—
1985	0.78	I	0.87	I	—	—	—	—	—	—	—
1986	1.14	I	0.64	I	7.0	II	0.018	III	—	—	7
1987	1.09	I	1.59	I	7.3	II	0.009	II	—	—	5

年份	COD _{Mn}		BOD ₅		透明度		TP		TN	SS	
	mg/L	水质类别	mg/L	水质类别	m	水质类别	mg/L	水质类别	mg/L	水质类别	mg/L
1988	0.95	I	0.54	I	7.1	II	0.01	II	0.15	II	5
1989	0.82	I	0.77	I	6.3	II	0.01	II	0.12	II	3
1990	0.81	I	0.65	I	7.1	II	0.006	II	0.17	III	4
1991	0.77	I	0.68	I	6.75	II	0.01	II	0.17	III	3
1992	0.93	I	0.65	I	6.95	II	0.02	III	0.23	III	4
1993	0.91	I	0.77	I	6.82	II	0.01	II	0.14	II	6
1994	0.91	I	0.54	I	6.69	II	0.01	II	0.14	II	4
1995	0.95	I	0.69	I	5.85	II	0.01	II	0.33	IV	4
1996	1.10	I	0.65	I	6.11	II	0.01	II	0.40	IV	4
1997	1.40	I	0.82	I	4.33	II	0.01	II	0.24	III	—
1998	1.02	I	0.69	I	5.44	II	0.02	III	0.18	III	—
1999	1.12	I	0.43	I	4.95	II	0.01	II	0.19	III	4

表 2-4 抚仙湖浮游藻类数量与组成演变趋势

门类	1980 年		1995 年 8 月		1996 年 8 月		1997 年 8 月		1998 年 8 月	
	万个/L	%	万个/L	%	万个/L	%	万个/L	%	万个/L	%
总 数	12.78		17.74		23.82		28.60		35.89	
蓝藻门	5.34		3.11		3.84		2.60		2.18	
绿藻门	4.72	36.0	8.89	50.1	11.85	49.7	15.05	52.6	23.44	65.3
硅藻门	2.72	21.2	2.17		1.61		9.00		7.49	
金藻门	—	—	2.29		4.27		0.70		1.65	
甲藻门	—	—	0.98		1.54		0.85		0.94	
裸藻门	—	—	0.30		0.68		0.20		0.23	
隐藻门	—	—	—	—	—	—	0.20		—	—
优势种	绿 藻		转板藻 (绿藻门)							

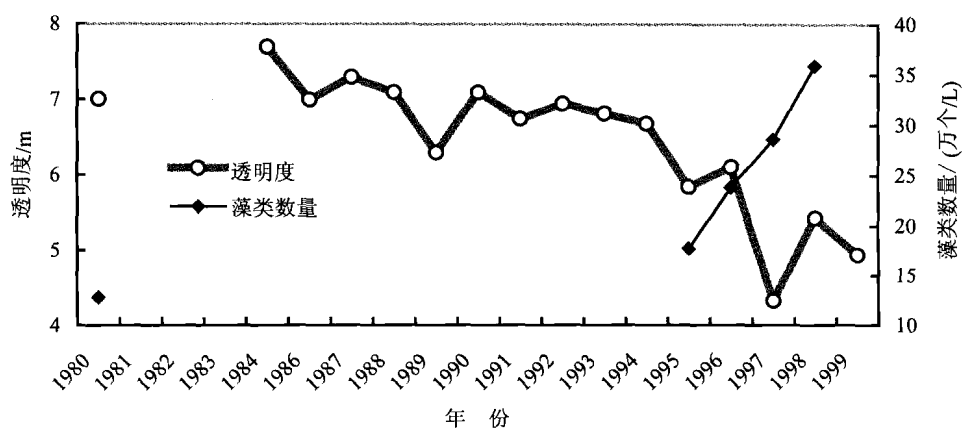


图 2-1 抚仙湖浮游藻类数量增长伴随着湖水透明度急剧下降

2.5 星云湖水质污染是抚仙湖的心腹之患

星云湖位于抚仙湖流域上游，通过隔河与抚仙湖相连，平均每年约有 4 900 万 m³ 星云湖水经由隔河下泄抚仙湖。近几年内，星云湖水质污染和富营养化发展迅速，水质已经达到Ⅳ～Ⅴ类（表 2-5），并发生了严重的蓝藻水华，湖水透明度降低到小于 1 m。对抚仙湖 9 条主要河流入湖污染负荷的监测结果（表 2-6）表明，隔河平均每年向抚仙湖输入的 TN、TP、COD_{Cr} 数量分别占 9 条主要河流入湖污染总负荷的 17.0%、13.4%和 37.3%。并且，隔河泄水主要集中在雨季中、后期，流量比较大（10~12 m³/s），在抚仙湖形成 2 km 左右的水质污染区域，不仅严重影响旅游景观和当地居民生活，而且大量蓝藻和营养盐随水流涌入抚仙湖，加重了抚仙湖南部的水质污染，加速了富营养化发展，有引发抚仙湖蓝藻水华的危险性。

表 2-5 抚仙湖、星云湖 1999 年水质及最高藻类数量

水 体	SS/ (mg/L)	COD _{Mn} / (mg/L)	BOD ₅ / (mg/L)	NH ₃ -N/ (mg/L)	SD/ m	TN/ (mg/L)	TP/ (mg/L)	藻类数量/ (万个/L)	优势 藻类
星云湖	17	5.09	1.93	0.140	0.93	0.88	0.044	615	微囊藻
抚仙湖	4.2	1.12	0.43	0.005	4.95	0.19	0.012	23	绿 藻

表 2-6 星云湖水下泄对抚仙湖的污染负荷

河流	流量/ (10 ⁴ m ³ /a)	TN		TP		COD _{Cr}		SS	
		mg/L	t/a	mg/L	t/a	mg/L	t/a	mg/L	t/a
东大河	1 870	1.31	24.50	0.11	2.06	16.05	300.14	12	224.4
窑泥沟	442	8.34	36.86	0.61	2.70	27.59	121.95	95	419.9
马料河	889	2.29	20.36	0.17	1.51	31.09	276.39	44	391.16
梁王河	6 174	1.66	102.49	0.14	8.64	13.96	861.89	110	6 791.4
代村河	499	1.56	7.78	1.23	6.14	16.26	81.14	45	224.55
尖山河	1 114	1.84	20.50	0.10	1.11	11.25	125.32	384	4 277.8
牛摩河	157	0.54	0.85	0.09	0.14	8.95	14.05	42	65.94
海镜河	138	0.83	1.15	0.15	0.21	1.99	2.75	399	550.6
隔 河	4 364	0.85	37.09	0.08	3.49	24.27	1 059	10	436.4
合 计	15 647	—	218.38	—	26.00	—	2 842.63	—	13 382
隔河所占比例		—	17.0%	—	13.4%	—	37.3%	—	3.3%

综上所述，进行云南省星云湖、抚仙湖环境综合整治出流改道工程是必要的、紧迫的。时不我待，应立即采取措施保护抚仙湖，并尽力挽救星云湖。

经多方案比选，以抚仙湖、星云湖从海口河出流改道向九溪河出流的方案为最优。改道以后，星云湖主要向九溪河方向排水，这将大大降低星云湖对抚仙湖的污染；在水位允许时抚仙湖向星云湖输水，优质的抚仙湖水流入星云湖将起到置换、改善星云湖水体的作用；改道出流湖水经过除藻和湿地净化后，进入东风水库，或经过旁通道进入玉溪市，作为景观用水。将使玉溪市主城区以及红塔区的水资源量得到充分的补充。

第3章 水 文

3.1 气象

抚仙湖及星云湖径流区气候受大范围气候背景控制,属亚热带半干燥高原气候,具有干湿季节分界明显的中亚热带半湿润高原气候的特点。11月—次年4月为冬半年或称干季,盛行两支来源不同的西南季风。5—10月为夏半年或称湿季,主要受来自孟加拉湾的赤道西南季风和来自南海的热带海洋东南季风影响,其属性湿热,是湿季降水的主要水汽来源。风向多为西南风。

据抚仙湖海口水文站、江川气象站实测,多年平均降水量分别为927.6 mm、863.1 mm。径流区干湿分明,干季降水量约占全年降水量的14%,湿季以7月降水最多,为20%以上。抚仙湖径流区年降水量略大于星云湖径流区。

据抚仙湖海口水文站 E601 蒸发器实测资料,多年平均蒸发量为1374 mm(代表水面蒸发量);星云湖多年平均气温15.6℃,最高气温33.0℃(1966年5月1日),最低温度-5.4℃,多年平均湿度74%,多年平均风速1.7~2.3 m/s,最大风速34 m/s。

3.2 径流分析计算

星云湖与抚仙湖为上、下游串联的湖泊,一般情况下,星云湖水面比抚仙湖水面略高。

据实地调查,两湖灌区划分为提水灌区和上游灌区。上游灌区供用水情况基本无较大的改变,加之此供用水量较难分析估算,因此径流分析时仅考虑两湖提水灌区的供用水情况。

根据流域内的现有资料条件,径流分析通过考虑流域沿湖提水灌区工农业和生活耗水量,可直接还原计算得湖泊天然陆面入湖径流量。湖泊天然入湖径流量由陆面入湖径流量和湖面径流量两部分组成。

(1) 两湖流域天然入湖径流还原

入湖径流包括周边的地面、地下入流量和湖面降水3部分。由于湖泊的地下入流量