

首届中国湖泊论坛 论文集

中国科学技术协会 编



东南大学出版社
Southeast University Press

首届中国湖泊论坛论文集

中国科学技术协会 编

东南大学出版社
· 南京 ·

内 容 简 介

本书为“首届中国湖泊论坛”论文集,共收录论文 113 篇,主要阐述了湖泊保护与资源利用、湖泊流域发展与综合治理、湖泊水环境治理与生态保护、水科技创新与产业转型升级等领域最新研究进展,基本反映了国内学者和专家在相关领域取得的先进研究成果,对湖泊综合治理与可持续发展具有重要参考价值。

本书可供相关领域管理人员和科技人员研究参考。

图书在版编目(CIP)数据

首届中国湖泊论坛论文集/ 中国科学技术协会编.
—南京: 东南大学出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-5641-3111-1
I. ①首… II. ①中… III. ①湖泊—环境保护—学术会议—文集 IV. ①X524-53
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 243300 号

首届中国湖泊论坛论文集

出版发行	东南大学出版社
出 版 人	江建中
网 址	http://www.seupress.com
电子邮件	press@seupress.com
社 址	南京市四牌楼 2 号
邮 编	210096
经 销	全国各地新华书店
印 刷	南京玉河印刷厂
开 本	889 mm×1 194 mm 1/16
印 张	42
字 数	1 240 千字
版 次	2011 年 12 月第 1 版
印 次	2011 年 12 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-3111-1
定 价	120.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真):025-83792328

编 委 会

主 任 沈爱民

副主任 徐耀新 吕振霖 高雪坤 杨桂山

委 员 张铁恒 高小玫 隗斌贤 王海彦 梁纯平 廖任强
徐菊明 刘世荣 任官平 李赞堂 尹发权 张 炎
司徒建通 张国友 郭日生 邹瑞苍 冯雪竹 杨巧英
李世杰

主 编 徐耀新

副主编 赵小敏 张铁恒

编辑组 胡维平 高俊峰 许有鹏 吴时强 逢 勇 傅大放
刘 凌 高永年 李 芳 许 钧 林 巍 高勋建
魏军锋 孙卫民 杜金珉 刘洪江 胡铁磊

序

湖泊作为一种自然综合地理单元,自古以来就是人类家园的璀璨明珠,是大自然赐予人类的天然宝域,其具有农业灌溉、航运交通、城乡供水、水产养殖、行洪蓄水、维系生态等重要功能,与人类的生产生活息息相关,并推动着人类文明进程不断向前发展。然而,随着经济社会的快速发展,人类活动对湖泊演化进程的影响,已大大超过其在自然状态下的演化进程。特别是近几十年来,全球气候变暖和人类的各种破坏性的生产活动,加剧了湖面萎缩、湖体污染和水环境恶化,致使灾害频发,造成了不同程度甚至无可挽回的经济和生态损失。因此,湖泊已成为区域自然环境变化和人与自然相互作用中最为敏感、影响最为深刻、治理难度最大的地理单元之一。如何合理开发和利用湖泊资源,加强对湖泊的管理和保护,维护湖泊生态健康和良性循环,促使湖泊休养生息、恢复生机已经成为人类面临的重大课题。

我国作为发展中大国,经济社会正处于转型升级的重要时期,对应全社会在湖泊资源利用和保护方面的强烈需求,我国湖泊科学进入了前所未有的快速发展期。当前乃至今后相当长的一段时期内,国内湖泊科学的研究重点,主要集中于科学开发和利用湖泊资源、合理保护湖泊环境的战略措施和技术路线,以及与此相关的基础理论研究。中国科协是全国科技工作者的群众组织,是国家发展科技事业的重要力量,是党和政府联系科技工作者的桥梁和纽带。创办中国湖泊论坛是中国科协新推出的重大学术项目,旨在积极贯彻落实《国民经济和社会发展第十二个五年规划》和《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》相关精神,组织广大科技工作者,围绕湖泊领域的热点、难点和重点问题,以创新的思维和方法,进行跨学科、综合性的学术交流和研讨,为维护湖泊生态健康和可持续利用、建设资源节约型和环境友好型社会建言献策。同时,也为全国相关领域的科技工作者认真贯彻落实中央部署,践行科学发展观,更好地服务于党和国家工作大局提供专门学术平台。

首届中国湖泊论坛由江苏省科协同江苏省水利厅、淮安市人民政府、中科院南京地理与湖泊研究所联合承办,国家开发银行、中国环境科学学会等 13 个机构和相关全国学会、上海市科学技术协会等 6 家相关省市科协以及南京水利科学研究院、河海大学等 4 家相关科研院所、高等院校联合协办。《首届中国湖泊论坛论文集》是论坛的学术精粹,共收录关于水利、环境、生态、综合等四方面的论文 113 篇,120 余万字,是从 180 多篇投稿中,经专家评审后择优选取的,基本反映了国内学者和专家近年来在相关领域取得的先进研究成果。我们期望通过这个载体,与湖泊科技界及社会各界进行切磋交流,共同为我国湖泊科学事业的发展以及生态和谐贡献力量。

中国科学技术协会常务副主席
书记处第一书记

陈希

目 录

水 利 篇

长江与洞庭湖关系及三峡蓄水的影响·····	方春明	陈绪坚	关见朝(3)
鄱阳湖典型湿地土壤含水量与地下水位变化分析 ·····	许秀丽	张 奇	李相虎 李云良 邵 敏(10)
秦淮河流域城市化对水文水资源影响·····	许有鹏	石 怡	都金康(14)
丹江口库区蓄水前后降水局地变化特征 ——以湖北省郧县为例·····	尹 恒	文 强	李 易(24)
过去 50 年鄱阳湖流域气候变化规律分析 ·····	殷剑敏	王怀清	占明锦 孔 萍 姜智怀(31)
鄱阳湖枯水及其变化分析·····	闵 骞	占腊生	(40)
鄱阳湖洪水频次与太阳活动周长度的相关性研究·····	占腊生	袁文亮	闵 骞(48)
基于模糊综合评价模型的湖泊开发利用适宜性评价 ·····	甘月云	陈 星	崔广柏 王培元 王 娟 孙丽娜 刘晓敏 赵 祥(54)
小浪底水库异重流要素沿程变化规律·····	解河海	张金良	(60)
具有行蓄洪区河系水动力学预报模型研究·····	包红军	赵琳娜	李致家(66)
城市人工湖生态防渗衬砌方案探讨·····	朱晓丹	季永兴	(72)
人类活动和气候变化对江苏固城湖流域营养盐氮、磷输移的影响 ·····	黄智华	薛 滨	周怀东 刘晓波(77)
太湖流域水资源保护总体对策分析·····	张红举	袁洪州	陈 方(85)
数值模拟在城市人工湖泊建设管理中的应用研究·····	李世阳	陈长太	(94)
遗鸥保护区湖泊生态需水·····	王 琳	王 芳	(99)
南四湖水资源管理现状、问题及对策 ·····	王 艳	(103)	
大东湖水水质水量调度策略研究·····	黎南关	邹朝望	李 敏(109)
淮安市白马湖综合治理与保护开发的实践·····	方高干	王道虎	吴 兵 皇甫全欢(116)
荷兰水管理研究及其对太湖流域的启示·····	伍永年	侯林庆	杨 斌 邵曦钟(120)
采煤沉陷区湖泊及水网规划研究(以淮北为例)·····	褚福君	杜成信	(126)
新形势下洞庭湖综合治理与保护·····	沈新平	(131)	
鄱阳湖流域综合管理与可持续发展·····	鄯帮有	(137)	
江汉湖群现状及治理对策·····	邹朝望	徐少军	(144)
基于模糊层次分析法的湖泊水资源可持续发展研究 ·····	黄林显	张伟娜	(149)
太湖流域平原河网区水利综合治理的几点思考·····	贾更华	(155)	

环 境 篇

省际边界湖泊蓝藻防治联合治污机制的研究 ——以淀山湖蓝藻防治为例·····	陈祖军	张海燕	徐贵泉 张 新(161)
--	-----	-----	----------------

集中式饮用水水源地安全预警系统框架的研建	于凤存	方国华	肖秋英(167)
长潭水库底泥氮磷释放对水质的影响研究	王 俊	姜翠玲	孙佳佳 李 亮(172)
太湖流域水环境污染负荷影响因素的空间计量分析	吴 锋	邓祥征	战金艳(177)
南京城市湖泊湿地的水质动态及其评价	潘宝宝	张金池	张 波 孙 婵(185)
治理太湖蓝藻暴发综论			朱 喜(191)
洪泽湖周边地区农业面源污染负荷变化分析		张 飞	孔 伟(198)
GPRS 技术在湖泊水资源监测中的应用			蓝 标(203)
洞庭湖区农业面源污染综合防治技术研究			
.....	刘 强	荣湘民	谢桂先 彭建伟 宋海星 张玉平(208)
嘉兴南湖的治理和水质变化分析	许科文	唐寿良	吕怀炼 潘悦宾(216)
太湖主要饮用水水源地水环境健康风险评价	盛 东	杨旭昌	徐 枫(223)
浅析石羊河流域青土湖的恢复与保护		王开录	阎有喜(230)
洪泽湖水域环境演变的遥感分析	范亚民	何华春	崔云霞 吴 涛 岳 强(235)
骆马湖富营养化因子分析及防治技术		陈秀珍	黄维民(241)
盲数理论在湖泊总磷控制中的应用研究		龙 平	于苏俊(247)
喷射撞击式蓝藻处理装置的原理及其应用	余松敏	井芹宁	蔡耀宗 手岛秀司 朱守一(252)
天目湖流域农业面源污染控制研究	伊 平	张 磊	包 健(256)
维桥河—洪泽湖水系环境压力与防治对策	陈卫丰	汪 芳	任志国(261)

生 态 篇

基于可持续发展的洞庭湖流域生态足迹评价	尹少华	安消云(269)
让石菖蒲为生态鄱阳湖作贡献		徐远惠(274)
蟹、鱼网围混养对草型湖泊氮、磷平衡的影响	施炜纲	王 博 周 昕(278)
洪泽湖发展生态旅游的对策分析		卢 妍(284)
青萍对富营养化水体的除磷规律研究	蔡冬蓉	徐炎华(288)
近 60 a 来洞庭湖区气温的变化特征	黄菊梅	蔡海潮 覃 鸿 喻 宇(293)
温度和盐度对背角无齿蚌(<i>Anodonta woodiana</i>)代谢的影响		
.....	温晓蔓	孙陆宇 禹 娜 陈立侨(301)
东太湖草鱼网围养殖区声波的研究	曹 瑜	施炜纲 彭晓星(309)
洪泽湖河蚬野生群体遗传结构的微卫星分析	丁怀宇	姜虎成 李家乐 冯建彬(314)
洱海海舌湾沉积物中好氧反硝化细菌的分离鉴定研究	张 文	申元英 王圣瑞 赵海超(322)
基于浮游生物群落结构的滇池生态系统健康评价		
.....	闪 锐	李 林 吴艳龙 李根保 肖邦定 宋立荣(326)
光照强度对光能自养生物膜预处理富营养化水体的影响		周思佳(333)
苏州市河湖水岸带区域景观格局变化	瞿晓怡	阮宏华 陈桂娟 冯育青 韩凌云(339)
基于共生理论的湿地公园规划设计		
——以常州市宋剑湖湿地公园为例	张 悦	孙国庆 鲁小珍 胡海波(350)
高等水生植物对太湖沉积物再悬浮特征的影响	许晓伟	陈昌仁 万福绪 谢 宇(355)
太湖北部草藻转换围隔试验研究		
.....	杨柳燕	揣小明 刘 涛 陈小锋 肖 琳 范彩霞 许 超 吕志刚(361)
陶瓷膜过滤海藻酸钠水溶液的研究	张荟钦	薛 莲 李卫星 邢卫红(365)
城市湖泊湿地景观资源的整合		成玉宁 张 祎(370)
东太湖网围“轮种轮养”生态养殖技术研究	陆骞书	施炜纲 刘 凯(375)

蠡湖渔业资源群落多样性的初步研究

..... 段金荣 张红燕 刘 凯 徐东坡 张敏莹 施炜纲(381)	
洞庭湖是长江水质和生态安全的保障.....	聂芳容(386)
大型人工湖泊生态环境变化分析及对策探讨.....	刘水芹 田 华 梁国康(390)
衡水湖湿地生态脆弱性分析及保护措施.....	张彦增 乔光建(397)
对江西都昌候鸟自然保护区湿地生态补偿有关问题的探讨.....	吕承华 李 跃 胡华喜(403)
基于营养通道模型的淀山湖生态系统结构与能量流动特征	
..... 冯德祥 陈 亮 李云凯 禹 娜 陈立侨(406)	
浙江省湿地生态保护利用及应注意的问题.....	胡国强 徐小静 杨伟虹 胡国军(413)
环洞庭湖生态经济圈示范区设想.....	郭辉东(418)
洞庭湖湿地生物多样性及其管理与保护.....	袁穗波 陈彰德(423)
洞庭湖区域经济发展的生态模式研究.....	李劲夫(432)
基于综合管理的三峡水库生态安全创新研究.....	梁福庆(438)
蓄水前后三峡库区长江干流高锰酸盐指数比较.....	姜保锋 张 翔 穆宏强 印士勇(443)
草型湖泊与藻型湖泊水体中氮的组成和循环方式	
——以惠州南湖为例..... 刘从玉 李传红 陈 青 张桂华 谭 镇 蔡玉巧 柴 夏(449)	
关于对鄱阳湖湿地和候鸟实施全湖统一管理的思考.....	朱 奇 金志芳 熊超逸(455)
青海湖流域气候变化特点及水文生态响应.....	朱延龙 王 芳(459)
Na、Fe、Mg 与水华铜绿微囊藻生长相关性研究	肖 雯 卫 玮 周云龙(466)
湖滨湿地芦苇收割生态环境效益研究.....	苏莹莹 张银龙 徐明喜 孙 磊(471)
二氧化氯在湖泊水用作循环冷却水中杀菌试验研究.....	朱小梅 朱明新 徐炎华(477)
新型水处理杀生剂——N-苯并咪唑基-1-苯基亚胺的微波合成	胡 俊 周桃玉 徐炎华(480)
陶瓷膜净化地表水工艺条件优化.....	张荟钦 周利跃 李卫星 邢卫红(484)
生态治污工程技术经济效益分析.....	李 慧 邓祥征 吴 锋(489)
洞庭湖湿地有机碳分布格局.....	李有志 张灿明 马丰丰(495)

综 合 篇

湖泊保护的公众参与模式探讨

——日本琵琶湖治理经验的启示.....	王明杰(503)
基于合作治理的太湖流域水污染治理研究.....	张 阳 王 洁(507)
创建国家级洞庭湖中国特色农业现代化示范区的建议.....	刘茂松(513)
加快建设环洞庭湖区域旅游产业带的思考.....	柳思维(519)
洞庭湖区域经济社会发展地质环境问题.....	童潜明(525)
试论文化和文明与洞庭湖的关系.....	邓企华 肖皓夫 丁 璞(532)
中国湖泊治理投融资方式探索.....	夏善宏(536)
关于洞庭湖区发展环湖经济的思考.....	邓宗祥(542)
携手同行 和谐发展 合力建设环洞庭湖生态核心功能区.....	黄兰香(547)
发掘湖区优势 促进战略性提升	
——以益阳市为例谈环洞庭湖区域产业发展.....	胡衡华(550)
坚持科学发展 推进两型建设 努力打造洞庭湖绿色经济示范区.....	陈文浩(555)
环洞庭湖区功能定位与发展战略研究	
——基于构建长株潭城市群“经济腹地”的视角.....	周栋良 刘茂松(562)
基于长株潭城市群的洞庭湖区都市农业发展战略研究.....	王 辉(570)

四湖流域可持续发展的对策初探·····	徐少军	方崇惠	雷新华(577)
努力把东洞庭湖湿地打造成鸟类天堂、国际桥梁、旅游精品、和谐典范·····			赵启鸿(584)
中美湖泊污染综合治理制度比较研究			
——以太湖与切萨皮克湾流域为例·····	周申蓓	曲建和	张双安(588)
云南高原湖泊农业面源污染防治方法初探·····			孙治旭(595)
转变经济发展方式的几个理论问题·····			李松龄(599)
湖泊富营养化控制标准制定方法体系的研究			
——以洱海为例·····	陈小华	李小平	程曦 王菲菲 陈无岐 刘晓臣(605)
关于湖泊地区现代农业建设的思考·····			夏海龙(612)
湖泊流域综合管理与保护策略的研究进展·····			胡慧子 高健(615)
江苏白马湖的综合治理成效及问题分析与应对·····			张天虎(619)
“应急治太”之辩证思考·····			施问超(624)
梁子湖湿地可持续发展研究·····			张爱剑(628)
乌梁素海流域非点源污染的最佳管理策略模拟研究			
·····	石庆玲	战金艳	吴锋 邓祥征 徐立荣(634)
白马湖渔业资源现状与修复措施·····			杨克祥 李彬(642)
湿地水环境生态恢复及研究展望			
·····	李胜男	崔丽娟	赵欣胜 张曼胤 王义飞 李伟 张岩 宋洪涛(646)
鄱阳湖泥沙及沙地研究综述与展望·····			莫明浩(653)
中国水库消落带研究概况·····			郑海金 杨洁 谢颂华(658)

水利篇

SHUILIPIAN

长江与洞庭湖关系及三峡蓄水的影响

方春明 陈绪坚 关见朝

(中国水利水电科学研究院,北京 100048)

摘要: 本文通过实测资料结合理论分析,分析了长江与洞庭湖水位与流量的关系以及洞庭湖的调洪作用。在此基本上分析了三峡蓄水对洞庭湖的枯水位的影响。现状条件下,平水年,三峡水库蓄水期间前 10 天左右洞庭湖多出水量约 $29 \times 10^8 \text{ m}^3$,后期少出水量近 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。三峡水库蓄水期间,长江干流和洞庭湖区水位下降约 1.8 m,洞庭湖枯水期提前了 1 个半月左右。如遇枯水年,三峡水库蓄水对洞庭湖水位下降的作用将更大。现状条件下,三峡蓄水期使松滋口分流量减小接近 50%~80%,洞庭湖尾间同期流量减小约 43%,水位下降约 1.2~0.8 m。三峡水库长期运用后,由于干流河道的冲刷,干流河道和洞庭湖区水位还将有较大下降,三峡水库蓄水对洞庭湖的影响将随时间而进一步发展。

关键词: 洞庭湖; 三峡工程; 江湖关系

1 前言

洞庭湖面积 2 623 km²,容积 167 亿 m³,为全国第二大淡水湖,是长江重要的调蓄湖泊。洞庭湖河网密布,共分为西、南、东洞庭三区。洞庭湖水系流域面积约为 26.28 万 km²,约占长江流域面积的 14%。洞庭湖区有湘、资、沅、澧四水及汨罗江、新墙河等汇入。长江由松滋、太平、藕池、调弦(已于 1958 年冬堵塞)四口分流入湖。四水及四口(现称三口)水流经洞庭湖调节后又由城陵矶注入长江。长江与洞庭湖关系复杂,且近几十年来变化巨大,这方面研究也较多,特别是三峡工程运用后,其汛后蓄水使洞庭湖水位降低,枯水期提前,其带来的系列影响成为近期研究的热点。本文从长江与洞庭湖水位流量关系及洞庭湖枯水特点出发,探讨长江与洞庭湖的关系,进而分析三峡蓄水对洞庭湖的影响。

2 江湖水位与流量关系

2.1 城陵矶、三口河道入口控制站与长江水位流量关系

城陵矶水文站位于洞庭湖出口与长江汇合口上游 3.5 km,是洞庭湖出口河段水文控制站。洞庭湖城陵矶出口河段断面过水面积大,且几十年来总体基本稳定。城陵矶出口河段水头损失很小,一般只有几厘米。因此,城陵矶水位由入汇处长江干流流量决定,与监利和城陵矶流量之和或螺山流量相关较好。而城陵矶水位与城陵矶流量只是部分相关,相关关系散乱。城陵矶水位流量关系可表示为:

$$Z_{\text{城}} = f(Q_{\text{城}} + Q_{\text{监}}) = f(Q_{\text{螺}}) \quad (1)$$

三口河道从荆江分流,其入口控制站水位与分流口荆江水位相关关系良好,基本由荆江干流水位控制,相关关系自上世纪 50 年代以来基本稳定,如新江口站与枝城水位关系,管家铺与新厂水位相关等。

2.2 洞庭湖区与城陵矶水位关系

洞庭湖出口取城陵矶站、东洞庭湖中段鹿角站、南洞庭湖中段杨柳潭站和目平湖中上段南咀站进行对比分析。图1为城陵矶站、鹿角站、杨柳潭站和南咀站1999年水位过程线。由图可见,四站的水位涨落过程是一致的,不论低水还是高水,从下至上各站水位相应抬高,说明洞庭湖已具有一定的河道特点。当水位较高时,城陵矶水位30 m以上时各站水位差较小,水位30 m以上时才具有明显的湖泊特性。

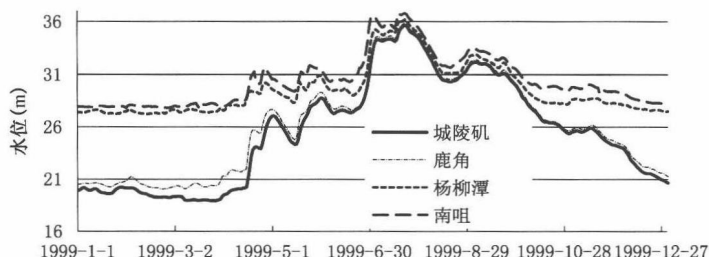


图1 湖区代表站水位过程线对比

图2为城陵矶站与鹿角站、杨柳潭站和南咀站水位关系。由图可见,当城陵矶水位26 m以下时(对应螺山流量20 000 m³/s),只有东洞庭湖鹿角站水位与城陵矶水位相关较好,而南洞庭湖杨柳潭站和目平湖南咀站水位基本不再受城陵矶水位的影响,只与洞庭湖内流量相关。但由于通过目平湖与南洞庭湖的流量包括了松滋河来流,而松滋河流量与长江干流流量相关,因而即使低水时目平湖和南洞庭湖水位与城陵矶水位无关时,它仍与长江干流枝城站流量相关。

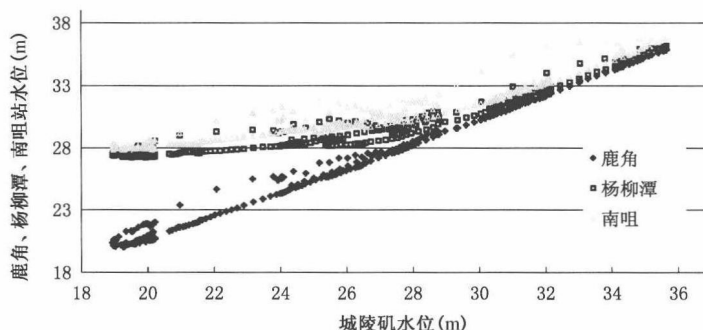


图2 湖区代表站水位与城陵矶水位关系

2.3 洞庭湖的调洪作用

洞庭湖调蓄四水和长江干流洪水,削峰作用很大,如1998年入湖最大流量达63 360 m³/s,出湖最大流量为35 900 m³/s,比入湖流量减小了27 460 m³/s,削峰43.3%。下面通过分析洞庭湖入湖流量与出湖流量的关系,得到洞庭湖对洪水调节能力的具体数据。

设 $A(Z)$ 为洞庭湖面积曲线。由于高水时洞庭湖内沿程水位涨落基本是同步的,且城陵矶水位与湖中心水位相差不大,近似用城陵矶水位代替洞庭湖平均水位,即洞庭湖面积曲线为 $A(Z_{\text{城}})$ 。设 $Q_{\text{入}}^0$ 、 $Q_{\text{城}}^0$ 和 $Q_{\text{监}}^0$ 分别为洞庭湖总入湖流量、城陵矶和监利 t_0 时刻的流量。由洞庭湖水量平衡可知:

$$Q_{\text{入}} - Q_{\text{城}} = A(Z_{\text{城}}) \cdot \frac{\partial Z_{\text{城}}}{\partial t} \quad (2)$$

代入(1)得:

$$Q_{\lambda} - Q_{\text{城}} = A(Z_{\text{城}}) \cdot \frac{\partial f(Q)}{\partial t} = A(Z_{\text{城}}) \cdot \frac{\partial f(Q)}{\partial Q} \left(\frac{\partial Q_{\text{城}}}{\partial t} + \frac{\partial Q_{\text{监}}}{\partial t} \right) \quad (3)$$

假定洞庭湖入湖和监利来流随时间的变化是线性的,即:

$$\begin{cases} Q_{\lambda}(t) = Q_{\lambda}^0 + q_{\lambda}t \\ Q_{\text{监}}(t) = Q_{\text{监}}^0 + q_{\text{监}}t \end{cases} \quad (4)$$

并令:

$$K(Z_{\text{城}}) = A(Z_{\text{城}}) \cdot \frac{\partial f(Q)}{\partial Q} \quad (5)$$

则(3)变为:

$$Q_{\text{城}} = Q_{\lambda}^0 + q_{\lambda}t - K(Z_{\text{城}}) \left(\frac{\partial Q_{\text{城}}}{\partial t} + q_{\text{监}} \right) \quad (6)$$

如果时段不长,则 $K(Z)$ 变化不大,(6) 的简化解为:

$$Q_{\text{城}}(t) = Q_{\lambda}(t) + (Q_{\text{城}}^0 - Q_{\lambda}^0) \cdot e^{-\frac{t}{k}} - K \cdot (q_{\lambda} + q_{\text{监}}) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{k}}) \quad (7)$$

把入湖流量减去城陵矶出流流量看做是洞庭湖的调洪作用,由上式可得:

$$\Delta Q = Q_{\lambda}(t) - Q(t) = (Q_{\lambda}^0 - Q_{\text{城}}^0) \cdot e^{-\frac{t}{k}} + K \cdot (q_{\lambda} + q_{\text{监}}) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{k}}) \quad (8)$$

令:时间 t 内监利和入湖流量变化量之和为 $\Delta Q_{\text{增}} = (q_{\lambda} + q_{\text{监}})t$, $\epsilon_1 = e^{-\frac{t}{k}}$, $\epsilon_2 = \frac{k \cdot (1 - e^{-\frac{t}{k}})}{t} = \frac{1}{t} \int_0^t \epsilon_1 dt$, 则上式可写为:

$$\Delta Q = Q_{\lambda}(t) - Q_{\text{城}}(t) = \epsilon_1 \cdot (Q_{\lambda}^0 - Q_{\text{城}}^0) + \epsilon_2 \cdot \Delta Q_{\text{增}} \quad (9)$$

ϵ_1 反映入湖和监利流量基本稳定,而进出湖流量不平衡时洞庭湖的调节作用, ϵ_2 反映入湖和监利流量持续变化时洞庭湖的调节作用。(9) 式表明,洞庭湖对长江干流涨水和入湖涨水的调节作用是等价的。当然,洞庭湖内沿程存在比降,且洪水传播时间较长,荆江三口分流入洞庭湖再出城陵矶的洪水与从荆江直接传到城陵矶的洪水是有一定差别的。

ϵ_1 和 ϵ_2 都随时间而衰减,如表 1。水位 30~31 m 时,洞庭湖对洪水的调节能力最大。原因是,水位 30 m 以下时,由于洞庭湖面积随水位增加较快,洞庭湖对洪水的调节能力随水位而增大;水位 31 m 以上时,洞庭湖面积随水位增加较慢,而干流的出流能力随水位增加较快,因此洞庭湖对洪水的调节能力随水位增大而有所减小。

表 1 洞庭湖对洪水的调节系数

水位(m)	第 1 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	第 2 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	第 4 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	第 7 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	第 15 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	第 30 天 $\epsilon_1\epsilon_2$	15 天平均 $\epsilon_1\epsilon_2$	30 天平均 $\epsilon_1\epsilon_2$
28	.84, .92	.71, .85	.50, .72	.30, .58	.08, .36	.01, .19	.33, .54	.18, .35
29	.85, .92	.73, .86	.53, .74	.33, .60	.09, .38	.01, .21	.35, .57	.19, .37
30	.86, .93	.74, .86	.54, .75	.34, .61	.10, .39	.01, .21	.36, .57	.20, .38
31	.86, .93	.73, .86	.54, .74	.34, .61	.10, .39	.01, .21	.36, .57	.20, .37
32	.85, .92	.72, .85	.52, .73	.31, .59	.08, .37	.01, .20	.34, .55	.18, .36
33	.83, .91	.69, .84	.48, .71	.28, .56	.06, .34	.00, .18	.31, .52	.16, .33
34	.81, .90	.65, .81	.42, .67	.22, .52	.04, .30	.00, .16	.27, .48	.14, .29
35	.77, .88	.59, .77	.34, .61	.15, .45	.02, .25	.00, .12	.21, .41	.11, .23
36	.69, .84	.48, .71	.23, .53	.08, .36	.00, .18	.00, .09	.15, .32	.08, .17

3 洞庭湖枯水特征与三峡蓄水的影响

3.1 洞庭湖枯水特征

城陵矶站月平均水位与月平均流量对比如图 3。由图可见,城陵矶站月平均水位以 12 月至 2 月明显为低,但四水月平均入湖流量从 9 月至 2 月明显为小。9 月、10 月,在四水入湖流量已明显减小的情况下,城陵矶站仍维持较高的水位,受两个因素的作用,一是这 3 个月长江干流来流量仍较大,这是最主要的因素;二是这 2 个月洞庭湖水位消落过程中对长江干流流量有一定补充,平均在 $1\,760\text{ m}^3/\text{s}$ 左右(总量约 93 亿 m^3)。这说明三峡水库在 9 月至 10 月蓄水,下泄流量减小,如遇偏枯年份,则有可能使洞庭湖提前进入枯水期,如遇特枯年份,影响会更大。

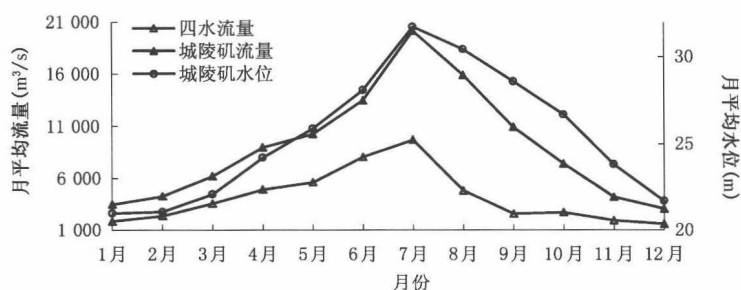


图 3 城陵矶站月平均水位与月平均流量对比(1991—2000 年平均)

图 4 是四水、松滋河与虎渡河来流量之和的流量削落过程比较(1991—2002 年日平均值)。由图可见,9 月份松滋河与虎渡河流量之和与四水来流量基本相当,进入 10 月之后松滋河与虎渡河流量之和小于四水来流。因此,三峡水库在 9 月至 10 月蓄水,下泄流量减小,会大幅度减小松滋河与虎渡河的流量,对洞庭湖尾间段水位与流量有较大影响,如遇特枯年份,影响会更大。

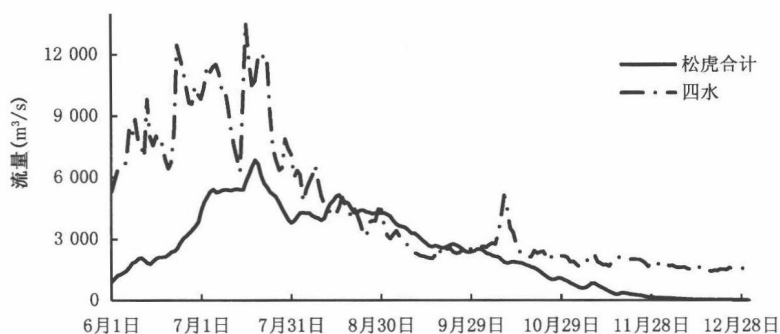


图 4 1991—2002 年日平均流量消落过程

3.2 湖区水位站枯水位关系

图 5 为湖区几个代表站 1991—2000 年日平均水位削落过程。由图可见,除东洞庭湖鹿角水位与城陵矶水位差较小外,南洞庭湖杨柳潭站和目平湖南咀水位都与城陵矶水位差较大。城陵矶水位 28 m 以下(对应螺山流量约 $27\,000\text{ m}^3/\text{s}$)时,杨柳潭站和南咀水位已基本不受城陵矶水位的影响。

图 6 给出 1991—2002 年各代表站日平均水位与城陵矶水位关系。可见,各站水位与城陵矶水位关系都成一定的绳套曲线。绳套上边线对应上半年入湖流量上涨期,绳套下边线对应汛后入湖流量下降期,说明在城陵矶水位相同的情况下,入湖流量对湖内水位都有不同程度的影响。只有东洞庭湖

鹿角站在陵矶水位 28 m 以上时,其水位主要受城陵矶水位控制,受湖内流量影响较小。

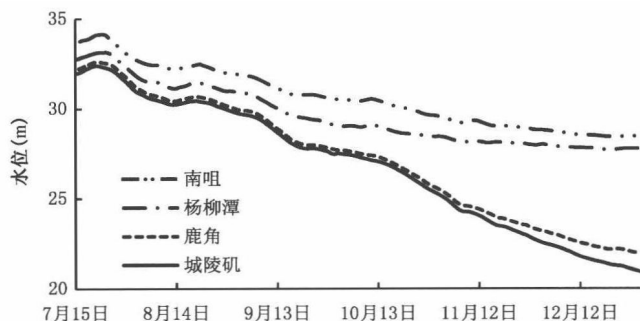


图 5 1991—2000 年日平均水位消落过程

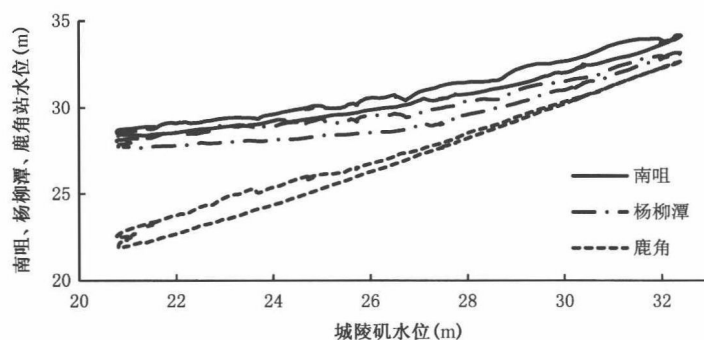


图 6 1991—2002 年日平均水位与城陵矶水位关系

3.3 三峡水库蓄水对湖区枯水位的影响

三峡水库汛后开始蓄水,库水位由 145 m 升高至正常蓄水位 175 m,下泄流量减少,增蓄水量 $221.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这里只简单地分析平均来水条件下三峡水库蓄水对枯水位的影响,分析条件为三峡水库从 9 月 15 日开始蓄水,到 10 月 31 日水库蓄满,则蓄水期间出库流量平均减小约 $5700 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

三峡水库减小下泄流量后,下游河道水位下降,洞庭湖出流增加,向长江干流补水。根据前面的洞庭湖对洪水的调节系数估算值,蓄水期 45 天内,多年平均水位情况下,洞庭湖出流流量的变化如图 7。与天然情况下洞庭湖对长江干流的补水过程比,平水年三峡水库蓄水期间前 10 天左右,多出水量约 $29 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。三峡水库蓄水期的后段,由于水位下降,洞庭湖可补水量减小,三峡水库蓄水期间洞庭湖出水量反而比天然情况少近 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由于模型估算不能考虑三峡水库至城陵矶段的水流传播过程,因此上面估算的补水流量随时间的变化过程只是粗略的结果。

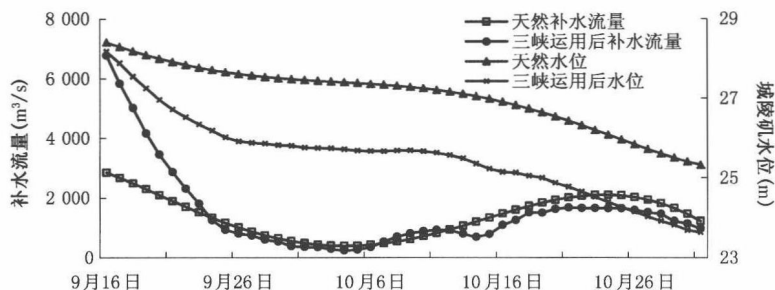


图 7 三峡水库蓄水期洞庭湖补水变化过程