

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.016

石臼湖流域江苏段生态环境驱动因素分析

于忠华, 刘海滨, 张 涨

(南京市环境保护科学研究院, 江苏 南京 210013)

摘要 根据相关资料对石臼湖流域江苏段的土地利用和生态环境现状进行评价, 结果表明: 湖泊水质处于 IV ~ V 类, 营养化水平为富营养。粗放的经济发展模式、滞后的环保基础设施、过度的湖泊围垦以及低效的环境管理是石臼湖流域江苏段生态环境演化的驱动因子, 提出以调整产业结构、削减污染负荷、优化流域环境管理、加快基础设施建设以及开展湖泊生态修复为重点的相应措施。

关键词 石臼湖流域江苏段; 生态环境; 驱动因素; 响应对策

中图分类号: TV213.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2010)06-0070-05

Eco-environmental driving factors analysis and countermeasures in Jiangsu section of Shijiu Lake Basin

YU Zhong-hua, LIU Hai-bin, ZHANG Zhang

(Nanjing Academy of Environmental Science, Nanjing 210013, China)

Abstract: The current status of land use and the eco-environment in the Jiangsu section of the Shijiu Lake Basin were assessed according to the relevant data. The results revealed that the water quality was between level IV and level V water standards and the eutrophic level was at eutrophia. It was concluded that the extensive development pattern, inefficacy of sewage infrastructure, excessive lake reclamation, and inefficacy of the lake management system were the key driving factors of the eco-environmental quality degradation of Shijiu Lake. Several principle countermeasures, including adjusting the industrial structure, cutting down the pollutant load, optimizing environmental management, strengthening infrastructure construction, and ecological restoration, are put forward.

Key words: Jiangsu section of Shijiu Lake Basin; eco-environment; driving factors; countermeasures

石臼湖是江苏省 12 个省管湖泊之一, 是长江下游唯一的通江湖泊, 已列入中国重要湿地名录, 生态服务功能非常重要。

随着石臼湖流域江苏段社会经济的快速发展, 流域内城市化与工业化水平的提高, 污水排放、湖泊围垦、围网养殖等人类活动日益威胁着石臼湖的生态系统健康。石臼湖江苏段地表水环境监测资料显示, 近几年石臼湖水质下降趋势较为明显, 处于 IV ~ V 类状态, 主要超标因子为 COD、NH₃-N、TP、石油类和挥发酚, 水生态系统退化严重, 湖泊处于富营养化状态。

由于石臼湖地跨安徽、江苏两省, 全湖社会经济

和生态环境数据较难全面获取, 考虑到石臼湖流域江苏段经济发展水平、污染负荷水平和环境监测指标均高于安徽段的客观现实, 笔者针对石臼湖流域江苏段的生态环境演变的驱动因素和响应对策进行分析, 以期提供决策参考。

1 石臼湖流域概况

1.1 石臼湖湖泊概况

石臼湖属构造型浅水湖泊, 地处南京市西南部苏皖交界线上, 地处东经 118°46' ~ 118°56', 北纬 31°23' ~ 31°33', 由江苏省溧水、高淳和安徽省当涂 3 县共管, 具有蓄洪、灌溉、养殖、航运之功能。石臼湖流

域总面积 1.86 万 km², 湖泊水面面积 207.65 km², 其中江苏溧水县境内为 90.4 km², 高淳境内为 25 km², 其余属于安徽当涂。湖泊平均水位 6.92 m, 平均水深 1.67 m, 蓄水量 3.5 亿 m³。

石臼湖接纳皖南山区的水阳江、青弋江、漳河及江苏溧水县境内的新桥河、天生桥河等江河之水经姑溪河、清水河排入长江, 湖泊补给系数 88.4, 换水周期 41 d^[1]。在水阳江、青弋江与漳河 3 大水系之间, 除有彼此通连的水量交换关系外, 还有由鲁港、芜湖及当涂 3 处直接与长江相通的水道, 湖水可通过天生河套闸与秦淮河沟通, 补给秦淮河水量。石臼湖入湖河流少受闸坝控制, 具有陡涨陡落的山溪河流特性, 若遇长江高水位顶托, 河湖水位则出现暴涨缓落特点, 巨大的季节水位落差对生态系统结构

型金属材料 and 食品加工为主。2007 年溧水县实现地区生产总值 128.57 亿元(为当涂县的 1.43 倍), 其中六大重点产业产值占全县工业经济总量比重超过 86.5%。石臼湖流域江苏段 5 镇各布局有一个乡镇工业集中区, 工业废水通过入湖河流或直接排入石臼湖内, 见表 1。

表 1 石臼湖流域江苏段乡镇工业集中区概况

所在区域	工业集中区	规划面积/hm ²	产业方向	尾水去向
晶桥镇	晶桥	500	精细化工、冶金、电子	新桥河
和凤镇	和凤	454	机电、轻纺、食品等	石臼湖
白马镇	白马	261	机械加工、食品加工	新桥河
洪蓝镇	洪蓝	397	机电、电光源	天生桥河
古柏镇	古柏	1000	化工、服装、建材等	国邦污水处理厂

注: 数据来源由石臼湖流域江苏段 5 镇统计整理。

2 石臼湖流域江苏段生态环境现状

2.1 污染负荷水平

利用全国第 1 次污染源普查初步资料, 对石臼湖流域江苏段工业污染源、生活污染源、农业污染源、围网养殖污染污染源和湖面降水进行汇总统计, 结果显示: 2007 年流域江苏段废水合计入湖量为 458.38 万 t, 主要污染物 COD 排放量为 1418.03 t, NH₃-N 排放量为 391.86 t, TP 排放量为 61.32 t, 石油类排放量为 9.98 t。其中, 新桥河是入湖河流中污染负荷最高的支流, COD 排放量贡献率为 37.8%, NH₃-N 排放量贡献率为 35.6%, TP 贡献率为 28.8%。

2.2 水环境质量

根据溧水县环境监测站 2001—2007 年对石臼湖(石臼湖心、晶桥河口和洪蓝河口)、天生桥河和新桥河的监测资料, 评价标准采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》, 根据《江苏省地表水(环境)功能区划》石臼湖执行Ⅲ类标准, 评价方法采用单因子评价法。选取 COD、NH₃-N、TN、TP 4 项指标计算其综合污染指数, 以反映石臼湖流域江苏段近几年的水质演变趋势, 见图 2。

天生桥河接纳洪蓝集镇与沙河码头两地生活污水和农业面源污水, 2007 年该河水体为Ⅳ~Ⅴ类水质。新桥河是白马和晶桥两镇生活污水以及白马工业集中区和观山化工集中区工业废水的接纳水体, 2007 年该河水质处于劣Ⅴ类。

2001—2007 年石臼湖江苏段湖泊水质处于Ⅳ~Ⅴ类之间, 主要超标因子为 COD、NH₃-N、TP、石油类和挥发酚, 反映出既有生活污染又有工业污染的复合型污染特征, 处于西方国家氮、磷引发水体富营养

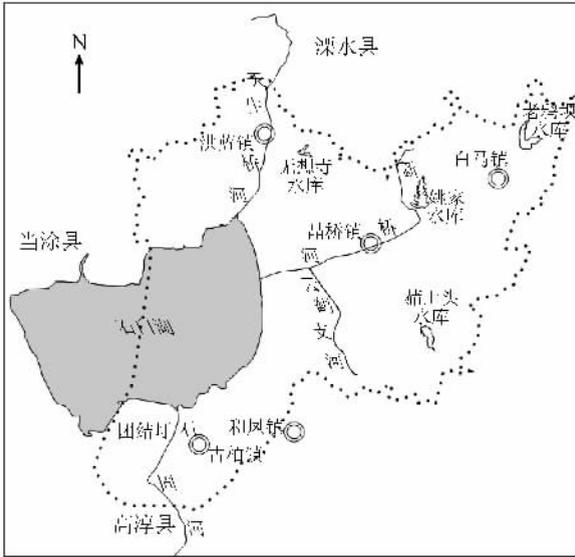


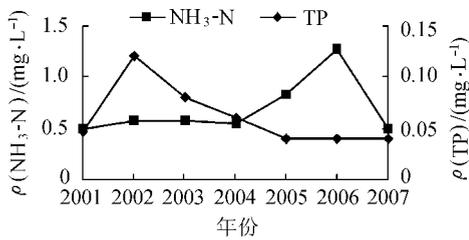
图 1 石臼湖江苏段水系

稳定有较大影响。石臼湖湿地动植物资源十分丰富, 挺水植物主要有茭笋、芦苇, 浮水植物有茨实、菱、浮萍及湖滩蔓生莎草, 国家重点保护的水鸟有 26 种, 其中大鸨、小天鹅、白琵鹭、灰鹤等属国家Ⅰ级保护动物。石臼湖安徽段已于 1999 年建立石臼湖自然保护区(省级), 以保护珍稀水禽及其生境。

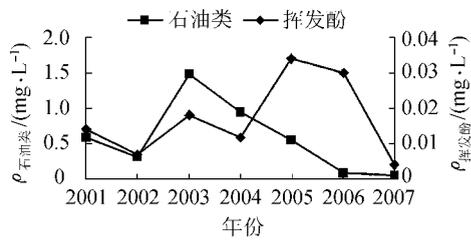
1.2 流域江苏段社会经济

石臼湖流域江苏段包括溧水县的洪蓝镇、晶桥镇、和凤镇和白马镇, 以及高淳县古柏镇一部分。运用 GIS 对 2007 年 7 月 LANSAT-5 卫星获取的石臼湖流域江苏段的 TM 图像遥感数据分析显示, 2007 年江苏段流域总面积为 714.22 km², 其中水域面积为 166.86 km², 建设用地面积为 74.62 km², 农业用地面积为 364.48 km², 林地面积为 108.25 km², 显示流域江苏段生态本底较好。

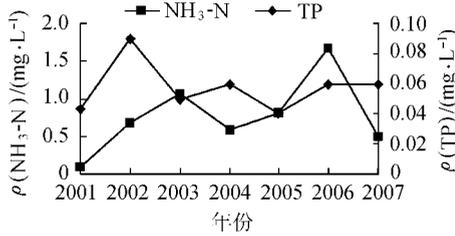
石臼湖流域江苏段以溧水县为代表, 产业类型以汽车及零部件、精细化工、轻工纺织、机械制造、新



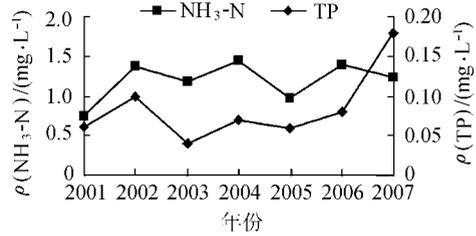
(a) 石臼湖心氨氮和总磷



(b) 石臼湖心石油类与挥发酚



(c) 洪蓝河口氨氮和总磷



(d) 晶桥河口氨氮和总磷

图2 石臼湖江苏段水环境监测指标

化的第2阶段^[2]。

从石臼湖江苏段近几年污染变化趋势分析来看,综合污染指数呈M型曲线,见图3。主要原因是,进入21世纪,溧水县进入了经济快速发展期,而当时流域环保基础设施几乎空白,导致2002年综合污染指数达到峰值,之后随着环境保护的重视和环境整治的加大,综合污染指数有所下降,但到2006年后又呈现上升趋势,接纳晶桥和白马两镇污水的新桥河尤为突出,随着进一步的流域环境综合整治,特别是流域各乡镇污水处理厂开始建设并陆续投入使用,石臼湖水环境恶化现象有所改观,但距水环境功能达标尚有相当大的距离。

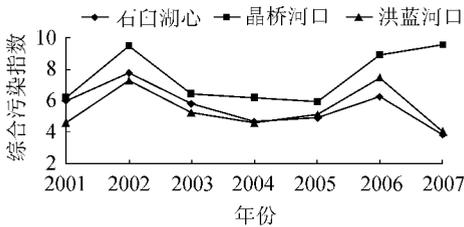


图3 石臼湖江苏段综合污染指数演变趋势

表2 2007年石臼湖江苏段水环境监测数据 mg/L

监测点位	DO	COD	NH ₃ -N	TP	石油类	挥发酚
洪蓝河口	10.6	22	0.50	0.06	0.05	0.005
晶桥河口	6.8	26	3.46	0.18	0.06	0.008
石臼湖心	9.2	26	0.49	0.04	0.05	0.004
天生桥河	6.9	35	6.52		0.08	0.004
新桥河	7.9	25	2.28		0.02	0.006

2.3 营养化水平

石臼湖江苏段富营养水平评价采用1990年《中国湖泊富营养化调查规范》所推荐的评分标准进行。根据2007年的环境监测数据,求得2007年湖泊营养状况指数,对照评分法的分级标准,确定石臼湖江苏段的营养水平。结果显示,湖泊富营养化综合评

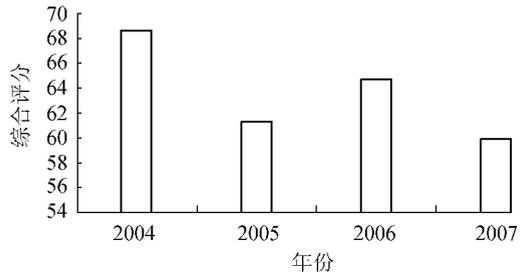


图4 石臼湖江苏段营养状态指数
分在60~69之间,处于富营养化状态,见图4。

3 生态环境演化的驱动因素

3.1 粗放的经济发展模式是主要原因

粗放型经济发展模式是造成石臼湖江苏段水环境恶化的主要原因。石臼湖江苏段经济发展仍然依靠化工、食品、轻纺、机械加工等资源能源消耗较高、污染排放强度较大的产业类型。虽然近年来流域江苏段经济结构调整取得一定进展,但其粗放型增长方式仍未从根本转变,工业集中区呈沿河分布特点,结构性污染问题尚未从根本上解决,江苏段5镇仍分布着大量工业污染企业。另外,石臼湖流域江苏段生态创建工作滞后,环境优美乡镇和生态村比例较小,绿色、无公害和有机食品比重较低,化肥和农药施用强度较高导致面源污染加重,也成为制约水环境质量改善的重要因素。

石臼湖流域江苏段生态环境质量依然面临严峻的形势。按照溧水县和高淳县国民经济和社会发展规划确定的发展目标,考虑到社会经济发展和科技进步因素综合作用,经测算,石臼湖流域江苏段污染负荷,到2012年和2020年,除TP削减幅度较大外,NH₃-N保持高位稳定,COD和石油类排放量均有不同程度增长,见表3。

表3 石臼湖流域江苏段污染负荷 t/a

年份	COD	NH ₃ -N	TP	石油类
2007	1418.03	391.86	61.32	9.98
2012	1568.80	357.60	41.17	22.10
2020	2068.36	393.28	42.20	24.25

3.2 滞后的环境基础设施是直接原因

石臼湖流域江苏段沿湖5镇,除高淳县古柏镇工业集中区尾水就近排入高淳县国邦污水处理厂外,溧水县沿湖4镇在2005年才启动污水处理厂建设,环境保护历史欠账较多。入湖支流沿途接纳周边城镇大量未经处理的生活和生产废水,导致石臼湖不堪重负。

截止2008年底,石臼湖流域江苏段已形成1.5万t/d的污水处理能力,但与现状3.8万t/d的处理需求尚存在较大差距。已建成的污水处理厂建设还存在雨污合流、管网不配套、污水处理工艺层次较低、后续管理不完善等问题。此外,由于石臼湖入湖河流不受闸坝控制,河道缺乏拦截污染物缓冲带,高浓度的初期雨水形成的地表径流迅速汇入湖内,致使湖泊污染负荷增加^[3]。

3.3 湖泊过度围垦是累积性原因

新中国建立以来,特别是20世纪70年代初,石臼湖四周沿湖围垦出现1次高潮,围垦(其中安徽占40%)导致石臼湖湖泊水面由264 km²减为214 km²,减少了约19%^[4]。20世纪80年代以来,随着流域环境管理和政策法规的不断完善,石臼湖湖面基本维持稳定。但沿湖渔业养殖面积的扩大和不合理生态旅游项目的开发,在一定程度上导致湖面变相萎缩。目前全湖水产养殖面积达6700 hm²(其中溧水县1867 hm²),超过整个湖泊面积的30%。

湖泊过度围垦恶化了湖区的水情,直接减少了对江河供水调蓄的容积,使洪水出现频率升高,而石臼湖圩区的涝渍水还要向湖内排放,又加大了石臼湖调蓄压力,更增加了洪涝灾害风险。围垦与湿地用途的改变,还使水生生物丧失了栖息空间,渔业生产、湿地经济植物的种植失去了发展场所,对渔业资源的破坏也相当严重。

3.4 低效的环境管理是间接原因

石臼湖流域水环境缺少统一协调的管理,多头治水、多头管理具有典型性。虽然早在1984年为保护石臼湖水产资源,溧水、高淳和当涂三县成立石臼湖联合管理委员会,但鉴于各方自身利益,至今未形成真正的联合管理。湖泊管理关系纵横交错,相互间缺乏信息沟通和行动协调,石臼湖管理体制上属于松散型区域联合管理^[5]。因此,在部门利益或经济利益的驱动下,湖泊管理过程中重资源开发,轻资

源管护现象普遍。特别是缺乏对湖泊生态服务功能和价值的深刻理解,在对湖泊的利用方式上,忽视湖泊具有维系更大尺度生态平衡的作用。

4 生态环境保护的响应

4.1 转变经济发展方式,优化流域产业结构

石臼湖流域江苏段切实转变经济发展方式,进一步优化产业结构,大力发展生态工业、生态农业和生态旅游等环境友好型产业。采取财政、税收、土地、金融等多种措施,鼓励利用先进技术和环保技术加快传统产业的改造和升级,形成生态产业集群。集中构建白马镇食品加工功能区、洪蓝镇电光源功能区、和凤镇农副产品加工功能区以及晶桥观山精细化工园和特种金属材料生产基地。

编制石臼湖流域江苏段禁止发展、限制发展和退出产业目录,引导和规范社会投资,探索建立产业退出机制。对石臼湖流域江苏段重点行业进行分类指导和管理,提高流域内重点行业的产品生产工艺、技术装备及生产管理和污染控制水平。制定重点行业清洁生产的地方标准,严格准入制度,采取强制手段推动流域产业升级,率先在化工、冶金、食品等重点行业中完成生态化改造试点工作。

4.2 建立区域协调机制,优化流域环境管理

水资源的不可分割性、流域生态经济社会文化的相互依存性,决定了必须以流域为单元,实行流域管理和行政区域管理相结合的水资源统一管理体制。从国外流域管理实践来看,在流域水平上建立统一的流域管理协调机构对资源和环境一体化管理是比较通行的作法^[6-7]。

根据《江苏省湖泊保护条例》规定,跨行政区域的湖泊,由共同的上一级水行政主管部门或者其授权的水行政主管部门实施管理。石臼湖流域各级政府,应密切结合中央实行“大部制”改革的契机,条件成熟时建立统一的管理体制,协调成立石臼湖流域管理机构,在石臼湖流域实施生态系统管理,理顺现有湖泊的使用权属关系,建立跨省联防联控治污机制,共同开发和保护石臼湖资源。同时借鉴国内外流域生态补偿做法,开展石臼湖流域生态补偿机制探索^[8-10]。

强化流域环境监测基础工作,建立石臼湖生态环境数据库。石臼湖流域管理机构应建立长期的水文、气象、工业污染源及农业面污染源技术档案制度,在生态环境系列数据的支持下,对湖泊生态环境进行动态监控,为湖泊的科学开发提供决策参考。

4.3 强化环境综合整治,加快环保基础设施建设
大力削减污染负荷。加强工业环境管理,提升

区域污染物的排放标准,严格环境影响评价制度、总量控制制度和清洁生产审计,严格环境执法力度。综合采取管理和工程措施,控制石臼湖流域农业面源污染,大力发展现代农业和生态农业,提高绿色、无公害和有机食品基地比重。全面治理畜禽养殖污染,严格控制畜禽养殖规模,湖泊周围要划定畜禽禁养区。加强水产养殖污染的监管,推广生态养殖。提高船舶污染物的收集能力,尽快建立船舶污染事故应急响应体系。

加快环保基础设施建设。石臼湖流域应大力推行雨污分流,加强对现有雨污合流管网系统改造,重视污水处理厂的污泥处理处置。新建城镇污水处理厂必须配套脱氮除磷工艺,已建污水处理厂要尽快完成脱氮除磷升级改造。完善污水处理收费制度,确保已建成的污水处理设施正常运营。对村庄生活污水因地制宜地采用生态组合处理技术,优先建设水源保护区范围内的村镇生活污水处理设施。

4.4 开展湖泊生态修复,提高生物多样性水平

湖泊富营养化是湖泊生态系统结构失衡的结果,是湖泊自调节机制遭到破坏的表征现象。如果说洪涝灾害是一种急性病,那么湖泊富营养化就是一种慢性病^[1]。对湖泊富营养化的治理和生态恢复,要注重内部宏观生态系统结构的保护,加强湖泊内部的环境管理,特别是加强湖泊沿岸带湿地的保护,建立湿地缓冲系统,促进湖泊生态调节机制自我修复能力的提高。

a. 加强河荡生态修复。石臼湖流域江苏段河网密布、湖荡水塘纵横,水动力条件复杂,应利用已有的水利工程,充分利用河网水系对流稀释、动力复氧、沉降吸附能力,通过保育植被,恢复景观生态,有效发挥灌木和水生植物的水质净化功能,消除进入湖泊的污染物^[2]。充分发挥入湖河口的河-湖生态系统交界处生态系统高度活跃的特点,建设河口湿地屏障,阻滞、过滤污染物质进入湖泊。

b. 积极实施石臼湖江苏段入湖河流生态清淤。在加大环境基础设施建设、减少入河污染物的同时,实施清淤,减少内源污染,提高河水自净能力。科学制定新桥河和天生桥河入石臼湖的湖口处理局部水域进行底疏浚,同时在清淤过程中要加强淤泥资源化利用,避免污泥的二次污染。

致谢 笔者在本文的资料收集和野外调查过程中得到了南京市溧水县环境保护局徐连普、于小飞同志的协助,特此致谢!

参考文献:

[1] 江苏省水利厅.江苏省省管湖泊保护规划——石臼湖保

护规划报告[R].南京:江苏省水利厅,2006.

- [2] 虞孝感,姜家虎,贾绍凤.长江流域水环境演化规律研究平台与切入点初探[J].长江流域资源与环境,2001,10(6):485-489.
- [3] 范成新,羊向东,史龙新,等.江苏湖泊富营养化特征、成因及解决途径[J].长江流域资源与环境,2005,14(2):218-223.
- [4] 吉栋梁,兰林,吴江,等.石臼湖水生态环境现状及保护对策[EB/OL]. [2008-03-18]. http://www.paperedu.cn/paper_ggb75n.
- [5] 赵志凌,黄贤金,钟太洋,等.我国湖泊管理体制机制研究:以江苏省为例[J].经济地理,2009,29(1):74-78.
- [6] 贺晓英,贺维生.北美五大湖保护管理对鄱阳湖发展之启示[J].生态学报,2008,28(12):6235-6242.
- [7] 王海燕,葛建团,邢核,等.欧盟跨界流域管理对我国水环境管理的借鉴意义[J].长江流域资源与环境,2008,17(6):944-947.
- [8] 万军,张惠远,王金南,等.中国生态补偿政策评估与框架初探[J].环境科学研究,2005,18(2):40-43.
- [9] 黄锡生,潘璟.流域生态补偿的内涵及其体系[J].水利经济,2008,26(5):65-68.
- [10] 毛春梅,张首顺.南京市高淳县固城湖水源地生态补偿机制探讨[J].水资源保护,2009,25(2):87-90.
- [11] 姜家虎,黄群,孙占东.长江中下游湖泊保护和管理的若干建议[J].长江流域资源与环境,2005,14(1):40-43.
- [12] 田琦,王沛芳,欧阳萍,等.5种沉水植物对富营养化水体的净化能力研究[J].水资源保护,2009,25(1):14-17.

(收稿日期 2009-09-17 编辑 高渭文)

(上接第46页)

- [6] 程翠云,阎伍玖.安徽区域水资源可持续利用评价[J].环境科学研究,2006,19(5):154-158.
- [7] 刘树锋,陈俊合.基于神经网络理论的水资源承载力研究[J].资源科学,2007,29(1):99-105.
- [8] 王远坤,夏自强,曹升乐.水安全综合评价方法研究[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(6):618-621.
- [9] 赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法[M].北京:科学出版社,1986.
- [10] 吴万铎.模糊数学与计算机应用[M].北京:电子工业出版社,1988.
- [11] 陈守煜.工程模糊集理论与应用[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [12] 楚文海,吴晓微,韩慧波,等.西南岩溶地区水资源可持续利用评价[J].资源科学,2008,30(3):468-474.

(收稿日期 2009-10-16 编辑 徐娟)