

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.05.007

湖泊形态健康内涵及其集对分析评价 ——以大纵湖为例

冷 辉 张凤太 王腊春 李 娜

(南京大学地理与海洋科学学院 江苏 南京 210093)

摘要 :在借鉴国内外湖泊形态方面研究、综合考虑湖泊形态健康影响因素的基础上 ,提出湖泊形态健康的内涵。从湖泊的平面形态特征以及形态动态变化特征两方面入手 ,初步构建包括总体层、系统层及指标层的湖泊形态健康综合评价指标体系 ,以此体系为基础 ,运用集对分析评价方法对大纵湖的形态健康进行评价分析。结果显示 (a)就湖泊形态变化特征而言 ,大纵湖形态变化很大 ; (b)就其平面形态特征而言 ,大纵湖的形态为不健康状态 (c)人类活动是导致大纵湖形态不健康的主要原因。

关键词 :湖泊形态健康内涵 ;综合评价指标体系 ;集对分析 ;大纵湖

中图分类号 :TV213.9 **文献标志码** :A **文章编号** :1000-1980(2012)05-0514-06

Implication of lake 's healthy morphology and its assessment through set pair analysis : A case study of Dazong Lake

LENG Hui , ZHANG Fengtai , WANG Lachun , LI Na

(School of Geographic and Oceanographic Sciences , Nanjing University , Nanjing 210093 , China)

Abstract : The implication of a lake 's healthy morphology is described by referring to domestic and international research on lake 's morphology , with consideration of the factors that influence it. A comprehensive evaluation index system of a lake 's healthy morphology that consists of an overall layer , a system layer , and an index layer was constructed , with the features and dynamics of the lake surface morphology taken into account. Based on this index system , set pair analysis (SPA) was used to evaluate the healthy morphology of Dazong Lake. The results show that (a) Dazong Lake showed a significant change in morphology , (b) the surface morphology of Dazong Lake was not healthy , and (c) human activities were the main causes of the unhealthy morphology of Dazong Lake.

Key words : implication of a lake 's healthy morphology ; comprehensive evaluation index system ; set pair analysis ; Dazong Lake

湖泊的形态特征是指湖泊的湖盆结构及其大小 ,湖盆一般是由沿岸带、亚沿岸带和深水带(湖心敞水带) 3 部分组成^[1]。近几十年来 ,随着全球气候变化和人类活动加剧 ,湖泊面积急剧缩小、污染加剧、生态环境恶化等问题日益凸显。非洲的乍得湖、维多利亚湖 ,我国的艾比湖、太湖、洪泽湖等均存在不同程度的水面萎缩、蓄水量减少现象。湖泊已经成为区域自然环境变化和人与自然相互作用最为敏感、影响最为深刻、治理难度最大的地理单元^[2]。湖泊形态健康是湖泊健康的重要组成部分 ,对湖泊保护、管理以及湖泊社会服务功能的发挥具有重要意义。研究湖泊的形态特征及其动态变化 ,不仅有助于认识湖泊发展演变的驱动因素、湖泊水文情势和生态环境状况 ,而且可以为湖泊资源的开发、利用、保护及维护湖泊健康提供理论依据^[3]。

目前 ,国内外对湖泊健康的研究主要集中在湖泊生态系统健康方面。在湖泊形态方面 ,主要是应用分形理论和遥感技术研究岸线形态和水域面积的动态变化 ,而对湖泊形态健康的研究很少。目前 ,湖泊形态健康

收稿日期 :2011-11-04

基金项目 :国家高技术研究发展计划(863 计划)(2009AA122502)

作者简介 :冷辉(1988 —) ,女 ,山东青岛人 ,硕士研究生 ,主要从事水资源水环境研究。E-mail :lenghui880210@126.com

的内涵尚不明确,也未形成完整、公认的基于湖泊形态健康的综合评价指标体系。笔者试图通过分析湖泊形态健康的影响因素,并结合湖泊形态与社会服务功能的联系,给出湖泊形态健康的内涵,构建湖泊形态健康的综合评价指标体系。在此基础上,通过集对分析评价法对大纵湖进行评价分析,以期为我国湖泊健康监测评价体系的构建及湖泊“定期体检”提供借鉴。

1 湖泊形态健康内涵

1.1 湖泊形态健康与湖泊成因、演化及流域环境的关系

湖泊的形态特征是多因素综合作用的产物,是在内、外营力以及人为因素长期作用下的综合反映。一方面它因湖泊成因、演变过程和流域内自然条件的差异而有所不同,另一方面它又随着湖泊的发展而不断变化着。

我国湖泊一方面保持或沿袭古湖盆的一些形态特征,另一方面也会因流域环境的影响而不断发生变化,如入湖三角洲的增长、沿岸带浅滩的发育以及湖盆的淤塞,都直接改变着湖泊的几何形态。由气候变迁引起的湖泊形态的变化也颇明显,如湖水补给量的增减在湖泊形态上的反应是湖面的伸缩。沿岸带水生植物和湖底生物的滋生不仅可以引起湖泊形态的改变,使湖泊形态趋向越来越不健康的方向发展,甚至会加速湖泊的衰亡^[1]。同时,人类活动(包括围网养殖、开垦滩地、修筑堤坝、采砂等)改变了湖泊岸线、水面等自然形态,在湖泊形态的变化方面扮演着重要的角色。

1.2 湖泊形态健康与其社会服务功能的关系

湖泊具有供水、防洪、养殖、生态、航运、旅游等重要社会服务功能,湖泊的形态健康对其社会服务功能的正常发挥具有重大影响。然而,人类经济活动对湖泊形态的影响,如抬高水位便于灌溉、建造水工建筑物调节径流、湖滩地围垦等,都直接或间接地参与湖泊形态的改造。由此,湖泊自然形态的保护与其发挥各项社会服务功能之间存在很大的矛盾。健康的湖泊形态应是在满足湖泊的各类社会服务功能正常发挥的基础上,正确协调其与供水、防洪、生态等各功能之间的关系,促进人水和谐局面的发展。

因此,一个湖泊的形态健康特征是多因素综合作用的产物,在评价及维护湖泊的形态健康方面,应综合考虑各个影响因素,促使湖泊形态健康与其社会服务功能协调发展。

1.3 湖泊形态健康内涵

目前国内外尚无关于湖泊形态健康内涵的具体定义,已有的相关研究主要涉及 2 个方面:湖泊健康和湖泊生态系统健康。其中,在湖泊健康内涵方面,国内学者仲志余等^[4]总结了健康湖泊应具备的四方面基本特征,程南宁^[5]提出了健康太湖的概念和内涵的界定。湖泊生态系统健康是指湖泊内的关键生态组分和有机组织完整且没有疾病,受突发的自然或人为扰动后不仅能保持原有的功能和结构,且其物质循环、能量和信息流动亦不会受到损害,整体功能表现为多样性、复杂性且具有充足的活力。即湖泊生态系统健康应该包含两方面内涵:满足人类社会合理要求的能力和湖泊生态系统自我维持与更新的能力^[6]。

在此,以湖泊形态演化、湖泊可持续发展、湖泊流域综合管理、湖泊生态系统健康等相关理论为基础,综合考虑上述湖泊形态健康的各类影响因素及其与湖泊社会服务功能的关系,将湖泊形态健康内涵初步表述为:湖泊具有维持自身形态稳定且在湖泊形态受到突发干扰后具有恢复正常状态的能力,湖泊形态的自然属性相对稳定,湖泊形态能满足人类社会合理要求和湖泊生态系统自我维系、更新的需要。具体而言:(a)从湖泊形态及其演变驱动因子方面来讲,健康的湖泊形态应该是受人类活动影响相对较少,或者在受到人类活动等较大影响情况下,仍能维系湖泊自身形态的稳定;(b)从湖泊形态与社会服务功能的关系方面来讲,健康的湖泊形态应是按照湖泊的功能定位,湖泊形态能满足(至少不妨碍)其各类社会服务功能正常发挥,并在此基础上协调其与供水、防洪、航运、生态等各功能之间的关系,促进人水和谐局面的发展。

2 湖泊形态健康综合评价指标体系

依据全面性与代表性相结合、科学性与可行性相结合、定性与定量相结合以及自然因素与人为因素相结合的原则,参考我国主要河流湖泊的健康标准,并结合湖泊形态要素,笔者拟定湖泊形态健康的综合评价指标体系由总体层、系统层以及指标层 3 个层次构成,如表 1 所示。总体层为湖泊形态健康综合评价,系统层主要从湖泊的平面形态特征及形态动态变化特征两方面来考虑,指标层则涵盖了反映湖泊平面形态及形态变化的 8 项指标,具体指标及其计算方法见表 1。

表 1 湖泊形态健康综合评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation index system of lake's healthy morphology

总体层	系统层	指标层	计算方法
湖泊形态健康 综合评价指标	平面形态特征	岸线发育系数 X_1	$\frac{s_1}{2\sqrt{\pi A_0}}$ s_1, A_0 ——湖泊的岸线长度和湖泊面积
		周长面积比值 X_2	湖泊周长/湖泊面积
		湖岸硬化化率 X_3	(固定化和混凝土化岸堤长度/岸线周长)×100%
		入出湖河流畅通率(年交换系数) X_4	年交换系数 = 365/湖泊换水周期
		湿地面积比 X_5	(湿地面积/湖泊面积)×100%
		湖泊围网养殖面积比 X_6	(湖泊围网养殖面积/湖泊面积)×100%
	形态动态变化特征	湖泊面积动态度 X_7	$\frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\%$ U_a, U_b ——研究期初和研究期末湖泊面积
		湖泊容积动态度 X_8	$\frac{V_b - V_a}{V_a} \times 100\%$ V_a, V_b ——研究期初和研究期末湖泊容积

3 湖泊形态健康评价实例分析

3.1 大纵湖概况

大纵湖位于长江、淮河两大水系交融的苏北里下河水乡 地处盐城市盐都区大纵湖镇和兴化市中堡镇境内(图 1),又名大湖,由古泻湖演变而来。大纵湖湖面呈椭圆形,东西最长 9 km,南北最宽 6 km,总面积约 30 km²,平均水深约 1 m。它是江苏省里下河地区最大、最深的湖泊,在削减区域洪峰、调蓄和净化水资源、保持生物多样性、保障和促进沿湖地区经济协调发展等方面具有极为重要的作用^[7]。

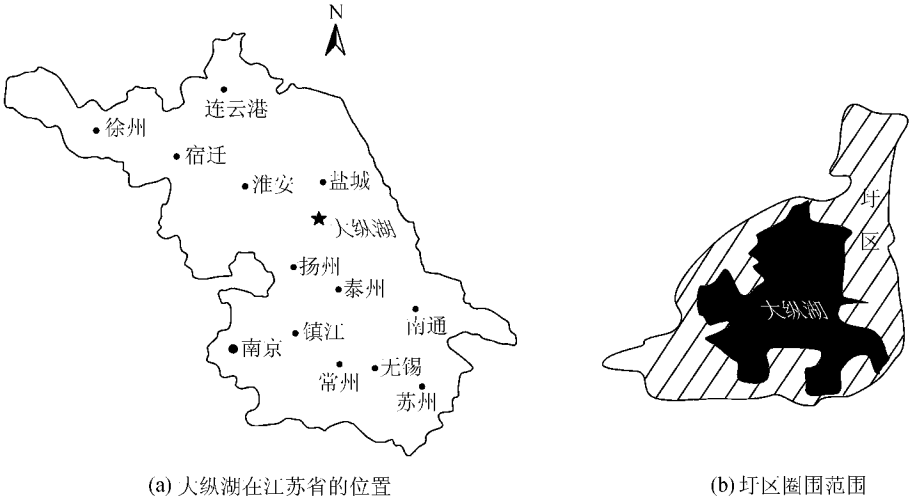


图 1 大纵湖地理位置及圩区圈围示意图

Fig. 1 Schematic map of location of Dazong Lake and polder area

随着人们对大纵湖的不断开发、利用,其湖泊形态也在发生着巨大的变化。目前,大纵湖的湖泊形态主要存在以下两方面问题:(a)大面积的围网养殖,导致湖水面积不断缩小(图 1)(b)大纵湖旅游风景区的建设,使湖泊的自然形态不断向人工化转变。例如“芦荡迷宫”明显改变了大纵湖的自然湖流,即湖泊形态的影响因素发生了改变,湖泊岸边休闲道路、娱乐休闲设施的修建,导致湖岸硬化化率增大,也改变了湖泊岸线的曲折度。分析评价大纵湖的湖泊形态健康情况,对大纵湖以及里下河自然湖荡湖泊资源的可持续利用、湖泊形态的保护以及湖泊功能的正常发挥具有重要意义。同时,亦可为湖泊管理决策提供理论支撑。

3.2 集对分析原理^[8]

集对分析理论是我国学者赵克勤于 1989 年提出的一种新的处理不确定性问题系统理论方法^[9]。集对分析的核心思想是先对不确定性系统中的 2 个有关联的集合构造集对,再对集对的特性进行同一性、差异性、对立性分析,然后建立集对的同异反联系度。集对分析的基础是集对,关键是联系度。

设有联系的集合 A 和 B 。 A 有 n 项表征其特征,即 $A=(a_1,a_2,\dots,a_n)$, B 亦有 n 项表征其特征,即 $B=(b_1,b_2,\dots,b_n)$ 。 A 和 B 构成集对 $H(A,B)$ 。若要探讨 $H(A,B)$ 的关系并判断其关系的优劣程度,可计算 $H(A,B)$ 的联系度,即

$$\mu_{A\sim B}=a+bi+cj$$

(1)

式中: i ——差异不确定系数,在 $(-1,1)$ 区间视不同情况取值,有时仅起差异标记作用; j ——对立系数,且 $j=-1$; a,b,c ——某一特性下的同一度、差异度和对立度。式(1)就是常用的联系度公式,即三元联系度。将其中的 bi 进一步拓展为 $bi=b_1i_1+b_2i_2+\dots+b_ki_k$,可以得到多元联系度,如 $k=3$ 可得到五元联系度表达式

$$\mu_{A\sim B}=a+b_1i_1+b_2i_2+b_3i_3+cj$$

(2)

式中: b_1,b_2,b_3 ——差异度分量,即差异度有不同级别,如轻度差异、中度差异、重度差异等; i_1,i_2,i_3 ——差异不确定分量系数。从式(1)(2)可以看出 $\mu_{A\sim B}$ 的表达式简单,但却反映了 A 和 B 关系的整体结构,同时 a 、 c 或 b_1,b_2,b_3 又反映了 A 和 B 关系的内部细致结构。

3.3 大纵湖形态健康集对分析评价

3.3.1 资料收集与数据处理

资料来源于《江苏湖泊志》、《江苏省省管湖泊保护规划》、《江苏湖泊图集》等书集,部分数据是借助 Arcgis 等工具对马里兰大学下载的 TM/ETM 遥感图像进行几何精度校准、配准后,对湖泊岸线进行矢量化,并最终统计出大纵湖的周长和面积。部分数据通过指标的计算公式计算得来,还有少部分数据直接采用其他学者的研究成果^[10-12]。

3.3.2 大纵湖形态健康评价步骤

针对包括大纵湖在内的其他湖泊,应用集对分析评价法对湖泊形态健康进行评价,主要可分为以下 3 个步骤。

a. 确定健康标准 构造集对 $H(A_l,B_k)$, l 代表第 l 个评价指标, k 代表第 k 级标准。将湖泊形态健康的评价标准初步定为 3 级:1 级(健康)、2 级(亚健康)和 3 级(不健康)。本文湖泊形态健康综合评价指标体系各指标健康标准确定依据及方法如下:指标 X_1,X_2 主要是通过下载国内外共 100 多个受人类活动影响相对较小湖泊的 TM/ETM 遥感影像,运用 Arcgis 等数据处理平台对其进行几何精度校准、配准、矢量化,得出每个湖泊的周长、面积,再通过公式计算得出指标值,并对其进行统计分析。结果显示:就湖泊的岸线发育系数(X_1)而言,约 90% 分布在 1.0~3.0 之间。就湖泊周长面积比(X_2)而言,约 85% 分布在 0.1~1.0 之间,结合我国湖泊实际情况,综合专家意见进而确定指标健康的标准。指标 X_3 (湖岸硬质化率):湖泊岸线的硬质化导致湖泊不能自然发育,硬质化率越高越不利于湖泊形态健康的维护。同时,参考专家建议和已有相关研究,拟定健康标准。指标 X_4 (入出湖河流畅通率):根据水产养殖的换水要求,即一般 1 个月换水 1 次比较合适,同时结合湖泊的泥沙沉积情况,确定健康标准。指标 X_5 (湿地面积比):湖泊中湿地有利于湖泊水质、生态环境的改善,然而,根据湖泊演化理论,湖泊湿地面积不宜过大,以此为原则确定健康标准。指标 X_6 (湖泊围网养殖面积比):根据已有湖泊最大养殖面积计算原理,结合阳澄东湖的研究确定健康标准。指标 X_7 (湖泊面积动态度)、 X_8 (湖泊容积动态度)指标值的大小可直接反映湖泊形态变化的剧烈程度,湖泊面积、容积动态度越大,湖泊形态越不健康,以此为原则,分析、参考已有研究和专家意见确定健康标准。具体评价指标值以及健康分级标准见表 2。

表 2 大纵湖形态健康评价指标值及分级标准

Table 2 Values and grading standards of evaluation index system of healthy morphology of Dazong Lake

分级标准	X_1 ($I=1.36$)	X_2 ($I=1.02$)	$X_3/\%$ ($I=60\%$)	X_4 ($I=7.1$)	$X_5/\%$ ($I=7\%$)	$X_6/\%$ ($I=70\%$)	$X_7/\%$ ($I=20\%$)	$X_8/\%$ ($I=34\%$)
1 级(健康)	> 1.60	< 0.60	< 10	> 10.0	10~50	< 20	< 8	< 8
2 级(亚健康)	1.30~1.60	0.60~1.00	10~40	7.0~10.0	5~10	20~30	8~15	8~15
3 级(不健康)	1.30~1.00	> 1.00	> 40	< 7.0	< 5 或 > 50	> 30	> 15	> 15

注: I 为指标值。

将评价样本的某指标值 x_l ($l=1,2,\dots,m$, m 为评价指标数)看成一个集合 A_l ,把相应指标的评价标准看成另一个集合 B_k ($k=1,2,\dots,K$, K 为评价等级数),则构成集对 $H(A_l,B_k)$ 。在此,需先确定湖泊形态健康评价的标准。

b. 计算联系度。设定湖泊形态健康评价标准等级为 3 级,故联系度计算公式如下:

$$\mu(A_l, B_k) = a + bi + cj \tag{3}$$

为了计算方便,可将 B_k 特定为某指标 1 级评价标准构成的集合,则式(3)中各参数意义可理解为: a —— x_l 隶属于 1 级标准的可能程度; b —— x_l 隶属于 2 级标准的可能程度; c —— x_l 隶属于 3 级标准的可能程度。在进行湖泊形态健康评价时,关键在于式(3)中联系度 μ 的计算。参考已有研究成果^[8],对于越小越优的指标,其样本值 x_l 与该指标 1 级评价标准的联系度 μ_l 为

$$\mu_l = \begin{cases} 1 + 0i + 0j & x_l \leq s_1 \\ \frac{s_1 + s_2 - 2x_l}{s_2 - s_1} + \frac{2x_l - 2s_1}{s_2 - s_1}i + 0j & s_1 < x_l \leq \frac{s_1 + s_2}{2} \\ 0 + \frac{2s_2 - 2x_l}{s_2 - s_1}i + \frac{2x_l - s_1 - s_2}{s_2 - s_1}j & \frac{s_1 + s_2}{2} < x_l \leq s_2 \\ 0 + 0i + 1j & x_l > s_2 \end{cases} \tag{4}$$

式中 s_1, s_2 为健康等级标准值。

对于越大越优的指标,其样本值 x_l 与该指标 1 级评价标准的联系度 μ_l 为

$$\mu_l = \begin{cases} 1 + 0i + 0j & x_l \geq s_1 \\ \frac{2x_l - s_1 - s_2}{s_1 - s_2} + \frac{2s_1 - 2x_l}{s_1 - s_2}i + 0j & \frac{s_1 + s_2}{2} \leq x_l < s_1 \\ 0 + \frac{2x_l - 2s_2}{s_1 - s_2}i + \frac{s_1 + s_2 - 2x_l}{s_1 - s_2}j & s_2 \leq x_l < \frac{s_1 + s_2}{2} \\ 0 + 0i + 1j & x_l < s_2 \end{cases} \tag{5}$$

c. 采用置信度准则来确定样本的等级,即

$$\mu = \sum_{l=1}^m w_l a_l + \sum_{l=1}^m w_l b_l i + \sum_{l=1}^m w_l c_l j > \lambda \tag{6}$$

式中: w_l ——指标 l 的权重,采用专家打分法对各指标进行权重的确定; λ ——置信度,一般在区间[0.5 0.7]取值,即满足 $\lambda \geq 0.5$ 的等级为样本的评价等级。

3.4 计算结果与讨论

根据式(4)(5)计算大纵湖各指标与该指标第 1 级标准的联系度 μ_l ,如表 3 所示。由专家打分法确定指标 $X_1 \sim X_8$ 的权重分别为 0.136 0.154 0.12 0.103 0.102 0.128 0.137 0.12。根据式(6)计算出大纵湖与第 1 级指标的联系度 μ ,见表 3。

由置信度准则($\lambda = 0.5$),可得大纵湖形态的健康等级为 3 级(不健康);由大数原则得出大纵湖形态的健康等级为 3 级。两者所判定的结果一致,一方面表明本文所用方法较准确,另一方面表明大纵湖的形态为不健康状态。其不健康的主要原因是:大纵湖处于农业经济占主导地位的地区,围湖造田、围网养殖、湖泊取水等活动强烈,加之近些年大纵湖旅游业的快速发展,各种不合理的社会经济活动导致湖泊水域萎缩、湖水面积减小、湖泊岸线模糊等,改造了湖泊的天然形态特征,严重破坏了湖泊形态健康。因此,针对大纵湖以及里下河地区湖泊的开发利用和保护工作,可采取退渔还湖、岸线整治、清淤拓深等措施维护湖泊的形态健康,从而保证其各项社会服务功能的正常发挥,以实现湖泊的可持续发展。

表 3 大纵湖形态健康评价联系度计算结果
Table 3 Calculation results of connection degree of healthy morphology of Dazong Lake

联系度	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
μ_1	0	0.415	0.585
μ_2	0	0	1
μ_3	0	0	1
μ_4	0	0.067	0.933
μ_5	0	0.840	0.160
μ_6	0	0	1
μ_7	0	0	1
μ_8	0	0	1
μ	0	0.149	0.851

4 结 语

综合考虑湖泊形态健康的影响因素并将湖泊功能与自然形态相结合,意在全面揭示湖泊形态健康的内

涵及其综合评价指标体系。同时,以大纵湖为例,采用简洁、易操作的集对分析评价法对大纵湖的形态健康进行了评价分析。结果显示,大纵湖形态为不健康,故在今后的开发利用过程中应着重采取退渔还湖、岸线整治、清淤拓深等措施维护湖泊的形态健康。可见,湖泊形态健康研究对湖泊管理、保护及可持续发展具有重要意义。由于湖泊形态健康内涵和综合评价指标体系涉及的内容较多,影响湖泊形态健康的因素以及他们之间的关系也很复杂,因此对湖泊形态健康的定义以及综合评价指标体系的构建还处于探究阶段,需进一步深入研究。对于以评价指标为基础的集对评价法在湖泊形态健康评价中的广泛应用亦有待进一步验证。

参考文献:

- [1] 施成熙. 中国湖泊概论[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [2] 李世杰. 中国湖泊的变迁[J]. 森林与人类, 2007(7):12-25.(LI Shijie. The changes of the Chinese lakes[J]. Forest and Humankind, 2007(7):12-25.(in Chinese))
- [3] 窦鸿身, 姜加虎. 中国五大淡水湖[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.
- [4] 仲志余, 胡维忠. 长江流域规划与维护健康湖泊[J]. 人民长江, 2009, 7(14):12-16.(ZHONG Zhiyu, HU Weizhong. Yangtze River Basin planning and maintenance of healthy lakes[J]. Yangtze River, 2009, 7(14):12-16. (in Chinese))
- [5] 程南宁. 健康太湖的概念内涵分析[J]. 中国水利, 2011(13):7-9.(CHENG Nanning. The analysis of connotation of healthy Taihu Lake[J]. China Water Resources, 2011(13):7-9. (in Chinese))
- [6] 胡志新, 胡维平, 谷孝鸿, 等. 太湖湖泊生态系统健康评价[J]. 湖泊科学, 2005, 17(3):256-262.(HU Zhixin, HU Weiping, GU Xiaohong, et al. Assessment of ecosystem health in Lake Taihu[J]. Journal of Lake Sciences, 2005, 17(3):256-262. (in Chinese))
- [7] 陈红卫. 大纵湖合理开发与保护的思考[J]. 江苏水利, 2008(12):24-27.(CHEN Hongwei. The thinking of reasonable exploitation and protection of Lake Dazong[J]. Jiangsu Water Resources, 2008(12):24-27. (in Chinese))
- [8] 王文圣, 金菊良, 丁晶, 等. 水资源系统评价新方法:集对评价法[J]. 中国科学 E 辑:技术科学, 2009, 39(7):1529-1534.(WANG Wensheng, JIN Juliang, DING Jing, et al. A new approach to water resources system assessment 'set pair analysis method'[J]. Science China Technological Sciences, 2009, 39(7):1529-1534. (in Chinese))
- [9] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州: 浙江科技出版社, 2000.
- [10] 柯长青. 苏北里下河地区湿地资源的可持续利用研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2001(增刊 1):38-40.(KE Changqing. Sustainable exploitation and utilization of wetland resources in Lixiahe region, Northern Jiangsu[J]. China Population, Resources and Environment, 2001(Sup1):38-40. (in Chinese))
- [11] 阮仁宗, 冯学智, 肖鹏峰, 等. 洪泽湖天然湿地的长期变化研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2005, 29(4):57-60.(RUAN Renzong, FENG Xuezhi, XIAO Pengfeng, et al. Long-term change of natural wetland of Hongze Lake[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2005, 29(4):57-60. (in Chinese))
- [12] 赵玉灵, 郝万鑫, 聂洪峰. 江苏盐城湿地遥感动态监测及景观变化分析[J]. 国土资源遥感, 2010(增刊 1):185-190.(ZHAO Yuling, YU Wanxin, NIE Hongfeng. An analysis of dynamic change and landscape spatial pattern of the wetlands in Yancheng of Jiangsu Province based on remote sensing technology[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2010(Sup1):185-190. (in Chinese))