

洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异

熊建新¹, 陈端吕¹, 彭保发¹, 邓素婷¹, 谢雪梅²

(1. 湖南文理学院资源环境与旅游学院, 湖南 常德 415000; 2. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275)

摘要: 不同时空尺度下, 生态承载力系统耦合协调度呈现不同差异和变化。在阐述耦合协调发展作用机理的基础上, 构建了耦合协调度评价指标体系, 利用容量耦合模型对洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度进行时空分析。结果表明: ① 时序变化上, 2001~2012年洞庭湖区生态承载力系统耦合度和耦合协调度变化趋势基本趋同, 大致呈现同步稳定上升态势, 耦合度均值达0.499, 处于拮抗阶段; 耦合协调度均值达0.463, 处于中度耦合协调阶段; 年均增长率上, 耦合度达3.35%, 大于耦合协调度的3.05%。表明生态承载力内部系统耦合作用和协同效应明显, 并且耦合作用的强度大于内部协调性。② 空间分异上, 17个县域的耦合度出现了低水平耦合、拮抗阶段和磨合阶段3种状态, 3种耦合状态的县域个数和区间变化呈现不同的差异。耦合协调度出现了低度耦合协调、中度耦合协调和高度耦合协调3种状态, 其变化状况基本上与耦合度类似, 但从协调状态的县域个数和区间变化来看, 耦合协调度的变化稍滞后于耦合度的变化, 空间分布与耦合度分布特征基本相似, 高、低值区的空间分布由西南向东北大致呈现较低-高-低-高-较低的“M”型基本格局。③ 空间组合上, 17个县域出现了低耦合低协调区、中耦合低协调区、中耦合中协调区、高耦合中协调区和高耦合高协调区5种空间组合类型, 其基本空间格局是, 低耦合低协调区集中分布在洞庭湖区中部和西南部, 高耦合高协调区则沿京广线、石长线和常岳高速三线呈“三足鼎立”布局, 其它不同组合类型则集中于高耦合高协调区外围呈“零星状”分布。

关键词: 生态承载力; 容量耦合模型; 耦合协调度; 洞庭湖区

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)09-1108-09

生态承载力是一个“自然—经济—社会”复杂系统^[1], 已成为国内外学者共同研究的热点^[2]。Coastanza R^[3]、Wackernagel M^[4]等认为生态承载力研究建立在包括资源、环境与人类社会和经济系统在内的复杂生态系统基础之上; 高吉喜^[5]、王家骥^[6]、毛汉英^[6]等从不同的研究视角对概念进行了界定, 一致认为生态承载力是特定时间、特定生态系统自我维持、自我调节的能力, 资源与环境子系统对人类社会系统可持续发展的一种支持能力以及生态系统所能持续支撑的一定发展程度的社会经济规模和具有一定生活水平的人口数量; 并且从内涵上予以阐释, 认为它作为一个“自然—经济—社会”复杂系统, 内容上体现了三大子系统的3种能力, 即生态弹性子系统的支撑能力、资源环境子系统的供容能力和社会经济子系统的发展能力。目前, 区域生态系统的相关研究主要集中在生态

系统的外在协调性, 如刘耀彬分析了城市化与生态环境的耦合性^[7], 马丽^[8]、廖重斌^[9]等从经济发展和生态环境的角度构建了生态经济系统耦合关系的系统动力学模型、耦合度模型及协调度模型; 生态承载力研究成果更多地集中在生态承载力定量化研究方法^[10,11]、个案分析与影响评价^[12,13]等方面, 而缺少从系统相互作用的角度对生态承载力内部三大子系统之间耦合协调性的研究。就洞庭湖区而言, 湖区经济、社会、资源环境和生态的协调发展问题是国内外学者和各级政府关注的热点和重点。湖南省委省政府已经启动了国家层面的“环洞庭湖生态经济圈”建设工作^[14]。学术界从生态经济系统的耦合特征^[15]、土地利用变化的生态承载力响应^[16]、退田还湖对生态承载力的影响评价^[17]、生态足迹评价^[18]、生态承载力综合评价^[19]、经济与生态环境协调发展^[20]、生态承载力系统耦合效应^[21]等方面研

收稿日期: 2013-05-03; **修订日期:** 2013-12-19

基金项目: 国家社会科学基金项目(13BJY025)、环洞庭湖区域发展研究基地、湖南省重点建设学科(产业经济学)、湖南省高校科技创新团队支持计划、湖南文理学院大学生创新创业项目(校团委字[2012]08号)资助。

作者简介: 熊建新(1970-), 男, 湖南常德人, 硕士, 副教授, 主要从事区域可持续发展研究。E-mail: xjx1108@163.com

究洞庭湖区的比较多,而对洞庭湖区生态承载力内部系统的耦合协调性及时空变化尚未涉及。实际上,其内在协调性是生态系统可持续承载的关键。本文利用物理学中容量耦合协调模型,分析生态承载力系统耦合协调发展的作用机理,揭示生态弹性子系统、资源环境子系统和社会经济子系统三者之间的耦合协调性及时空分异,为洞庭湖区经济、社会、资源、环境和生态的协调发展提供科学依据。

1 研究区域概况

洞庭湖区地处长江中游荆江南岸,地跨湘、鄂两省,地理坐标约为 $111^{\circ}53' \sim 113^{\circ}05' \text{E}$ 、 $28^{\circ}44' \sim 29^{\circ}35' \text{N}$,介于长江东西不同景观生态的过渡地带,占据长江中下游最敏感又最脆弱的生态区位,大部分地区海拔高度低于50 m,85%以上面积在湖南省辖境内^[2]。本文研究范围界定为岳阳、常德和益阳3个地级市的21个县(市、区)。其中,岳阳市区包括岳阳楼区、君山区和云溪区,常德市区包括武陵区和鼎城区,益阳市区包括赫山区和资阳区,研究中为便于数据采集,将岳阳市区、常德市区和益阳市区分别作为1个研究区域单元,共计17个县域。其土地面积 $3.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,人口1 500万,分别占湖南省的15%和21%以上。2001~2012年,三次产业结构从27.5:36.7:35.8调整为19.2:43.7:37.1,人均GDP从 5.581×10^3 元上升到 38.510×10^3 元。湖区属于典型的亚热带季风气候,年均降水量1 200~1 450 mm,年均气温 $16.5 \sim 17.0^{\circ}\text{C}$ 。河网密布,湘、资、沅、澧四水流过,水、土、气、生物等资源要素丰富。

2 耦合协调发展的作用机理

耦合度(Coupling degree)是用来描述系统或系统内部要素之间相互作用、彼此影响的程度。协调(Coordinate)是2个或2个以上系统或系统内部要素之间一种良性的互动关系,并且是这种良性关联性持续发展的集中体现^[23]。耦合协调度(Coupling coordinative degree)是度量系统或系统内部要素之间在发展过程中彼此和谐一致的程度,体现了系统由无序走向有序的趋势。由此看出,耦合度与耦合协调度是有差别的。前者突出的是系统或系统内部要素之间相互作用程度的强弱,不分利弊;而后者强调的是系统或系统内部要素相互作用中耦合程度的大小,体现了协调状况好坏程度。

生态承载力是一个“自然-经济-社会”复杂动

态系统,内容上体现了生态弹性子系统的支撑能力、资源环境子系统的供容能力和社会经济子系统的发展能力,从系统论来看,三者形成了相互作用、彼此影响的耦合共生关系(图1)。三者之中,生态弹性子系统是基础。它是构成生态承载力的自然基底,涉及到地质地貌、气候水文、植被土壤等自然要素。从承载和压力角度来看,高吉喜^[1]、毛汉英^[6]等认为生态弹性子系统和资源环境子系统两者集中为生态承载力的承载部分,前者反映了生态系统自我维持、自我调节及其抵抗各种压力与扰动的能力,是生态承载力的前提条件;后者的供容能力是生态承载力的内在本质,它一方面体现了自然资源对人类经济活动的持续供给能力,另一方面包含生态环境对人类活动所排放废弃物的消解容纳能力。本文把生态弹性子系统、资源环境子系统和社会经济子系统三者相互作用、协调发展的程度定义为生态承载力系统耦合协调度,构建耦合协调度评价指标体系和模型,分析三者的耦合关系与协调程度。

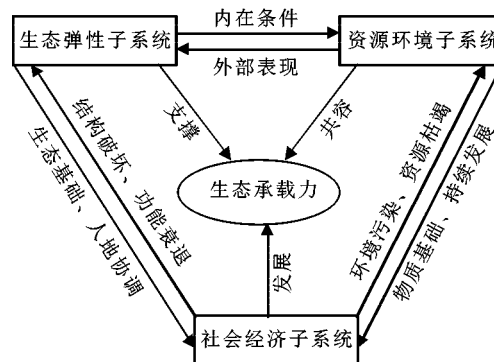


图1 生态承载力系统耦合协调发展作用机理

Fig.1 The coupling coordinative development interactive mechanism of ecological carrying capacity

3 指标体系与研究方法

3.1 指标选取与数据来源

生态承载力作为一个复杂系统涉及到资源、环境、社会、经济 and 生态等诸多要素,反映了人类社会活动对资源利用程度和对生态环境干扰力度。洞庭湖区处于水陆交错地带,生态环境要素集中,生态服务功能多样,生态脆弱性和敏感性突出。因此,指标选取时,既更多地考虑到反映生态环境质量状况的指标,又立足承载和压力2个方面^[6],从生态弹性子系统、资源环境子系统和社会

经济子系统3个角度,共筛选出18项体现承载和压力状态、便于度量且内涵丰富的指标,构建洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度评价指标体系(表1),符合中国科学院可持续发展指标体系^[24]和《生态环境状况评价技术规范(试行)(HJ/T192-2006)》^[25]的要求。洞庭湖区各种土地利用类型的原始数据主要是利用ERDAS和ArcGIS软件对遥感影像解译和信息提取,人类社会经济和它地理要素的数据主要通过《湖南省统计年鉴》^[26]、《岳阳市统计年鉴》^[27]、《常德市统计年鉴》^[28]和《益阳市统计年鉴》^[29],以及发改委、环保、农业、气象、林业等相关部门提供的数据获得。

为了消除指标数据间量纲和量级的影响,本文使用极差正规化法^[30],将原始数据有效归一化在[0,1]之间,离散度具有一致性。指标权重的确定采用熵值法^[31]和层次分析法^[1]相结合得出(表1),使得分析结果更加客观合理。

3.2 研究方法

3.2.1 综合评价模型

根据廖重斌^[9]、刘定惠^[32]等相关研究,结合本文研究实际,可以将生态弹性子系统、资源环境子系统和社会经济子系统的综合评价函数分别表示为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i, g(y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j, h(z) = \sum_{k=1}^o c_k z_k \quad (1)$$

式中, x_i 、 y_j 和 z_k 分别表示三大子系统各要素的标准化值, a_i 、 b_j 和 c_k 分别表示三大子系统各要素的权重, m 、 n 、 o 分别为三大系统要素个数。

3.2.2 耦合度模型

借鉴物理学中容量耦合系数模型^[23],可以推广得到本文中3个子系统相互作用的耦合度模型,表达式为:

$$C = \left\{ [f(x) \times g(y) \times h(z)] / [f(x) + g(y) + h(z)]^3 \right\}^{1/3} \quad (2)$$

式中, $f(x)$ 、 $g(y)$ 和 $h(z)$ 分别表示三大子系统综合

评价函数; C 为耦合度,其值介于[0,1];当 $C=0$ 时,耦合度极低,表明各子系统之间处于无关状态,系统向无序发展;当 $C=1$ 时,耦合度最大,表明各子系统之间达到良性耦合且趋向新的有序结构。根据耦合度值的变化,采用中值分段法,将耦合度划分以下4个区间^[9]: ① 当 $0 < C \leq 0.3$ 时,表明系统处于低水平耦合阶段;② 当 $0.3 < C \leq 0.5$ 时,表明系统处于拮抗阶段;③ 当 $0.5 < C \leq 0.8$ 时,表明系统处于磨合阶段;④ 当 $0.8 < C \leq 1$ 时,表明系统处于高水平耦合阶段。

3.2.3 耦合协调度模型

如前所述,耦合度只能说明各子系统相互作用程度的强弱,却无法反映协调发展水平的高低。因此,引入耦合协调度模型,以便分析生态承载力三大子系统交互耦合的协调程度,计算公式为:

$$D = \sqrt{C \times T}, T = \alpha f(x) + \beta g(y) + \gamma h(z) \quad (3)$$

式中, D 为耦合协调度, C 为耦合度, T 为生态承载力三大子系统综合评价指数; α 、 β 、 γ 为待定系数,由于生态弹性子系统和资源环境子系统集中表现为生态承载力的承载部分,社会经济子系统集中表现为生态承载力的压力部分,故取 $\alpha=0.3$ 、 $\beta=0.3$ 、 $\gamma=0.4$ 。同样地,采用中值分段法,将耦合协调度划分为4个区间: ① 当 $0 < D \leq 0.3$ 时,表明系统处于低度耦合协调;② 当 $0.3 < D \leq 0.5$ 时,表明系统处于中度耦合协调;③ 当 $0.5 < D \leq 0.8$ 时,表明系统处于高度耦合协调;④ 当 $0.8 < D \leq 1$ 时,表明系统处于极度耦合协调。

4 结果及分析

4.1 耦合度和耦合协调度时序变化

利用公式(1~3)测算出洞庭湖区2001~2012年生态承载力系统耦合度和耦合协调度(图2)。可以看出: ① 近10多年来两者变化趋势基本趋同,大致呈现同步稳定上升态势,尤其是2005年以来

表1 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in Dongting Lake region

子系统	评价指标	权重	子系统	评价指标	权重	子系统	评价指标	权重
生态弹性 子系统	生物丰度指数	0.1838	资源环境 子系统	人均水资源量	0.1618	社会经济 子系统	经济密度	0.1732
	植被覆盖指数	0.1716		人均耕地面积	0.1618		人口密度	0.1774
	水网密度指数	0.1534		人均林地面积	0.1618		城市化率	0.1558
	土地退化指数	0.1656		环境污染治理投资率	0.1716		恩格尔系数	0.1535
	湿地面积退化指数	0.1675		单位规模工业增加值能耗	0.1709		人均GDP	0.1665
	气候变化指数	0.1581		废水净排放量	0.1721		第三产业比重	0.1736

这种上升态势更加明显,表明生态承载力内部三大子系统彼此相互作用程度不断加强,内部协调性也在不断提高。② 耦合度值从2001年的0.313上升到2012年的0.715,均值达0.499,处于拮抗阶段,接近磨合阶段,系统向良性耦合转变。耦合协调度值从2001年的0.281上升到2012年的0.647,均值达0.463,处于中度耦合协调阶段,整体协同效应初显。这种变化结果反映出洞庭湖区“退田还湖、退耕还林、移民建镇”等生态修复和治理措施取得了初步成效。③ 从变化过程来看,耦合度值2001~2006年处于拮抗阶段,2007年以来处于磨合阶段;耦合协调度值分为3个阶段,即2001年处于低度耦合协调、2002~2007年处于中度耦合协调、2009年以来处于高度耦合协调。两者均在2005年出现折点,可能受制于当年恶劣的气候环境变化和“两型社会”构建战略的实施,引起指标数据变化较大。变化趋势基本趋同的情况下,耦合度年均增长率达3.35%,大于耦合协调度的3.05%,表明生态承载力系统耦合性的强度大于内部协调性,既反映了人类社会经济活动对资源利用程度和对生态环境干扰力度不断加强,又反映出开发利用过程中资源、环境、社会、经济和生态之间的协调性不甚理想,同时也印证了经济发展主导着社会与生态环境的演变^[15],生态系统遭受人为干扰的负面影响仍然相当突出^[33]。

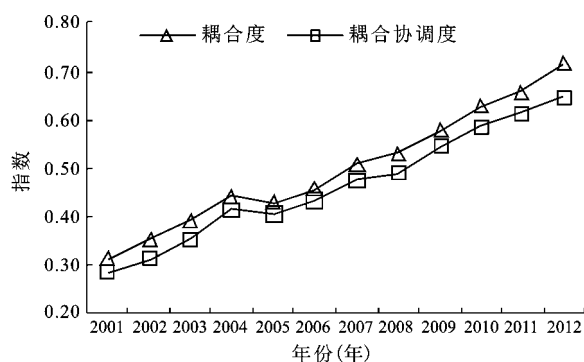


图2 洞庭湖区生态承载力系统耦合度和耦合协调度(2001~2012)

Fig.2 The coupling degree and coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in Dongting Lake region in 2001-2012

4.2 耦合度的空间分异

选取洞庭湖区17个县域2001年、2005年和2010年3个典型年份的耦合度,利用MapInfo软件绘制出耦合度的空间分异图(图3)。可以看出:①

17个县域3个典型年份的耦合度出现了3种状态,即低水平耦合、拮抗阶段和磨合阶段;处于低水平耦合的县域个数依次为4个、2个和1个,处于拮抗阶段的县域个数依次为9个、8个和8个,处于磨合阶段的县域个数依次为4个、7个和8个。可以看出3个不同时段和不同县域的生态承载力内部三大子系统相互作用程度逐年增强。② 3个典型年份中同时处于低水平耦合阶段的有桃江县1个,处于拮抗阶段的有华容县、临澧县、津市、安乡县和桃源县5个,处于磨合阶段的是常德市区、岳阳市区和益阳市区3个,其它8个县域均出现了耦合区间的跨越,其中由低水平耦合进入拮抗阶段的有湘阴县、沅江市和南县3个,由拮抗阶段进入磨合阶段的有岳阳县、汨罗市、临湘市、澧县和汉寿县5个。上述结果表明,一是近10 a来洞庭湖区17个县域生态承载力系统耦合程度明显增强,反映出经济社会的快速发展对生态承载力的自然基底干扰力度日益加大,作用于资源开发利用的程度和生态环境承载的压力不断增强。二是从空间分布来看,耦合度高值区集中分布在经济社会发展水平较高的县域,以及沿京广线、石长线、107国道和319国道等交通区位优势明显的县域,尤以3个市区为典型;而低值区则集中分布在离市区较远、经济欠发达、交通欠方便的洞庭湖区中部和西南部,以沅江市、南县和桃江县等县域为代表;分布趋势上高值区的扩散效应明显。这种分异特征充分显示了社会经济因素、区位因素、市场环境等因素对生态承载力系统耦合性的驱动作用。

4.3 耦合协调度的空间分异

选取洞庭湖区17个县域2001年、2005年和2010年3个典型年份的耦合协调度,利用MapInfo软件绘制出耦合协调度的空间分异图(图4)。可以看出:① 17个县域耦合协调度出现了低度耦合协调、中度耦合协调和高度耦合协调3种状态;处于低度耦合协调的县域个数依次为5个、3个和2个,处于中度耦合协调的县域个数依次为9个、11个和10个,处于高度耦合协调的县域个数依次为3个、3个和5个。可以看出3个不同时段和不同县域的耦合协调度逐年增强,对比耦合度的空间变化,发现耦合协调度的县域变化稍滞后于耦合度的变化,体现了耦合度强但协调度不一定强的变化规律。② 3个典型年份中同时处于低度耦合协调的有桃江县和南县,处于中度耦合协调的有岳

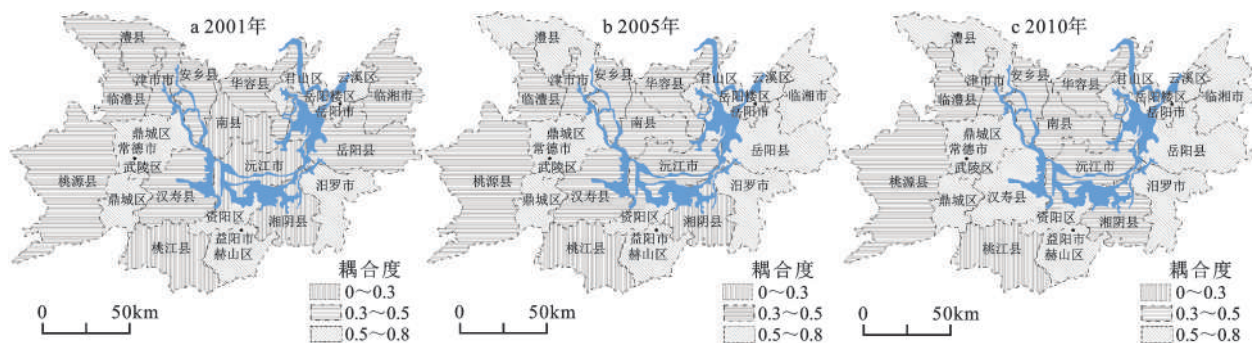


图3 洞庭湖区生态承载力系统耦合度的空间分异

Fig.3 The spatial diversity of coupling degree of ecological carrying capacity in Dongting Lake region

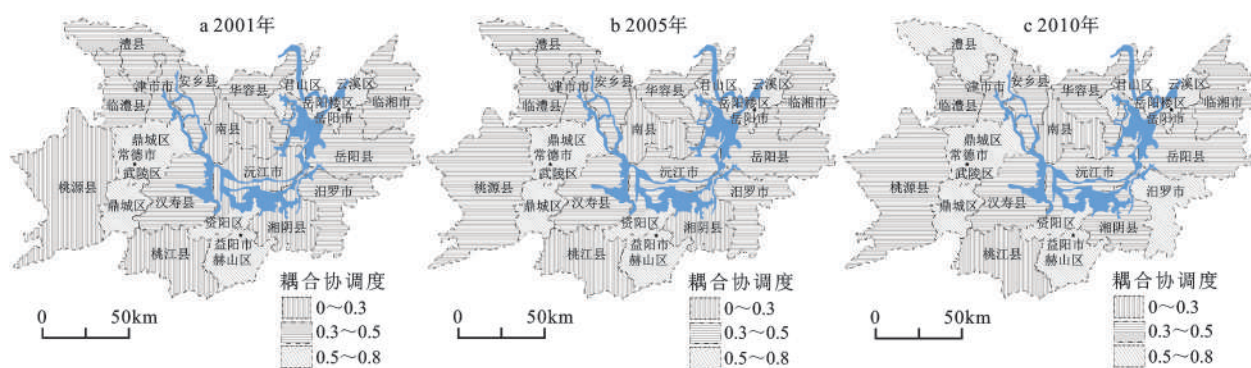


图4 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度的空间分异

Fig.4 The spatial diversity of coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in Dongting Lake region

阳县、临湘市、华容县、临澧县、津市、安乡县和汉寿县,处于高度耦合协调的有常德市区、岳阳市区和益阳市区,其它5个县域出现了协调区间的跨越,其中由低耦合协调进入中度耦合协调的有湘阴县、桃源县和沅江市,由中度耦合协调进入高度耦合协调的有汨罗市和澧县,这种变化同样滞后于耦合度的县域变化。③ 从空间分布来看,耦合协调度的空间分布与耦合度分布特征基本相似,高、低值区的空间分布差异主要受到经济社会发展水平、城市发展、交通区位和资源禀赋等因素制约,由西南向东北大致呈现“较低-高-低-高-较低”演化态势,“M”型的基本空间格局明显。其中高值区依次集中在常德市区和岳阳市区,低(较低)值区依次集中在湖区西南的桃源县和桃江县,中部的南县和沅江市,东北的华容县和临湘市。这种分异特征与从百分位图上所体现出来的生态承载力空间格局特征恰好相反^[34]。

4.4 耦合协调类型的空间组合

为了更加全面地反映耦合度和耦合协调度的时空变化,对洞庭湖区17个县域3个典型年份的

耦合度和耦合协调度进行组合分类,利用MapInfo软件绘制出耦合协调类型的空间组合分区图(图5)。可以看出:① 3个典型年份中出现了低耦合低协调区($0 < C \leq 0.3$ 、 $0 < D \leq 0.3$)、中耦合低协调区($0.3 < C \leq 0.5$ 、 $0 < D \leq 0.3$)、中耦合中协调区($0.3 < C \leq 0.5$ 、 $0.3 < D \leq 0.5$)、高耦合中协调区($0.5 < C \leq 0.8$ 、 $0.3 < D \leq 0.5$)和高耦合高协调区($0.5 < C \leq 0.8$ 、 $0.5 < D \leq 0.8$)5种空间组合类型;属于低耦合低协调区的县域个数依次为4个、2个和1个,属于中耦合低协调区的县域个数均为1个,属于中耦合中协调区的县域个数依次为8个、7个和7个,属于高耦合中协调区的县域个数依次为1个、4个和3个,属于高耦合高协调区的县域个数依次为3个、3个和5个。② 17个县域3个不同时段中同时属于低耦合低协调区的有桃江县1个,属于中耦合中协调区的有华容县、临澧县、津市和安乡县4个,属于高耦合高协调区的有常德市区、岳阳市区和益阳市区3个,其它9个县域的耦合协调类型出现了由低级类型向高级类型转变的不同组合。③ 从组合类型空间分布上来看,低耦合低协调区

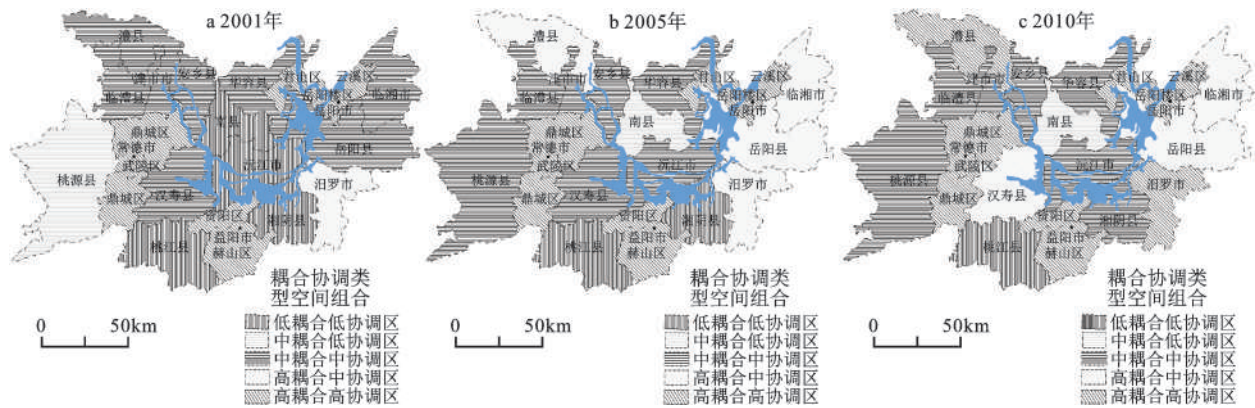


图5 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调类型的空间组合

Fig.5 The spatial combination of coupling coordinative type of ecological carrying capacity in Dongting lake region

集中分布在湖区中部和西南部,高耦合高协调区则沿京广线、石长线和常岳高速三线呈“三足鼎立”布局,其它不同组合类型则集中于高耦合高协调区外围呈“零星状”分布。不同组合类型的县域变化反映了耦合协调度变化的基本规律,即耦合度与耦合协调度并非保持一致,人类社会经济活动对资源利用程度和对生态环境干扰力度是导致耦合协调类型变化的直接驱动力。

4.5 耦合协调度时空格局演化机理

洞庭湖区自然资源具有同构性,环境功能具有整体性^[35],对耦合协调度时空格局演化的影响较小。已有研究成果指出,生态承载力的变化趋势是以生态弹性力和资源环境承载力为基础,以社会经济协调力为直接驱动力^[19]。因此,基于上述耦合度和耦合协调度时空分异格局分析,我们认为经济社会发展水平、交通区位、城市发展、市场环境、区域发展战略等因素是驱使耦合协调度时空格局演化的主要影响条件。

1) 经济社会发展水平。2001~2012年洞庭湖区经济社会发展水平处于快速上升时期。据统计,近10多年来湖区年均GDP一直保持在9%以上的增长态势,人均GDP从 5.581×10^3 元上升到 38.51×10^3 元,但是17个县域的经济社会发展水平差异也相当明显。仅从人均GDP和经济密度来看,岳阳市区、常德市区和益阳市区3个县域遥遥领先。三者的人均GDP均值和经济密度均值分别达到年均 2.649×10^4 元和 19.995×10^4 元/ km^2 ,成为湖区经济社会发展的I级增长级^[35];相对而言,湖区中部的南县和沅江市、湖区西南的桃江县和桃源县则处于弱势。在这一定程度上形成了耦合度和

耦合协调度的空间分异特征,即耦合性较高的县域,其协调性也较高,反之亦然。

2) 交通区位。经济要发展,交通要先行。从目前湖区主要交通干线布局来看,京广线、京珠高速、107国道等南北向交通干线主要从湖区东部穿过,石长线、319国道等干线呈北西向,北东向的岳常高速已于2013年底开通,而湖区中部和西南部则没有重要交通干线贯穿全境。耦合协调度高值区主要集中在重要交通干线贯穿的汨罗市、临湘市、岳阳县、汉寿县、临澧县、澧县等等县域,低值区则出现在交通欠便利的桃江县、南县、沅江市、湘阴县等县域,这种空间格局十分明显。因此,交通条件是耦合协调度时空格局演化的重要驱动因素。

3) 城市发展历史和基础。从城镇化水平来看,目前岳阳市区、常德市区和益阳市区3个县域均超过了75%,其它14个县域介于50%左右。从历史发展渊源来看,尽管湖区城市开发历史具有同一性,社会文化具有同源性^[35],但是17个县域发展历史和基础的差异还是相当明显,3个市区的历史背景和文化底蕴远超过其它14个县域,这一点毋庸置疑。从城市发展支柱产业来看,机械、石油化工、造纸、纺织、机电、医药、饲料、烟草制造等产业部门主要集中在这3个县域,尽管其它县域充分利用发展机遇,建立了产业园、工业区和高新区等开发区,但是在区位选址、先进技术和设备的利用、产业转型升级等方面这3个县域仍然具有得天独厚的优势。无疑,耦合协调度高值区集中在这个3县域,并且产生了高值区的扩散效应,周边县域发展加快。所以说,城市发展对耦合协调度时空演化产生了带动作用。

4) 市场发育环境。良好的市场发育环境是人类社会经济活动的重要支撑平台。目前常德市区和岳阳市区已经成为湘西北和湘北区域性中心城市,也是该区域最大的物流中心,内外两个市场相当活跃,相得益彰。益阳市区紧邻长沙市,“近水楼台先得月”,承接着长株潭城市群的辐射作用尤为明显,拉动了区际经济社会活动。反观湖区中部和西南部的县域,由于离市区较远,又缺少重大交通干线贯穿等客观因素的影响,市场发育进程较缓,因而耦合协调性较弱。从这个层面来看,市场环境是耦合协调度时空分异的重要拉动因素。

5) 区域发展战略与政策。区域发展政策对人类社会经济活动具有极强的指导性,各个时期政府的行为取向和发展战略对区域经济、社会、资源、环境和生态的协调发展产生重大现实影响。1998年长江流域特大洪水灾害之后,洞庭湖区实施“退田还湖、退耕还林、平垸行洪、移民建镇”等一系列生态补偿与修复措施;2003年党和国家提出科学发展观重大战略思想,突出以人为本,树立全面、协调、可持续的发展观,实施“五个统筹”;2005年党和国家在科学发展观、全面建设小康社会基础上提出构建资源节约型和环境友好型社会(简称“两型社会”)重大发展战略,长株潭城市群成为两型社会综合配套改革试验的首批示范区,之后湖南省委省政府确立岳阳市、常德市和益阳市为长株潭城市群“3+5”两型社会建设示范区;2012年湖南省委省政府启动了国家层面的“环洞庭湖生态经济圈”发展战略。国家实施这些重大的区域发展战略与政策,有效平衡了湖区生态经济系统的运行环境,促使生态承载力系统耦合性作用增强的同时,协调性也随之增强。

5 结 论

1) 生态承载力是一个融自然、经济和社会于一体的复杂动态系统,其内部生态弹性子系统、资源环境子系统和社会经济子系统三者形成了相互作用、彼此影响的耦合共生关系,构成了一个开放式耗散结构系统。在阐述耦合协调发展作用机理的基础上,构建耦合协调度评价指标体系,利用物理学中容量耦合协调模型分析耦合协调度,拓宽了生态承载力理论研究的思路和方法研究的手段。

2) 不同时空尺度下,生态承载力系统耦合协调度出现时空分异。研究结果表明:洞庭湖区2001~2012年生态承载力系统耦合度和耦合协调度变化趋势基本趋同,大致呈现同步稳定上升态势,生态承载力内部三大子系统耦合作用和协同效应明显,并且耦合作用的强度大于内部协调性。洞庭湖区17个县域3个典型年份的耦合度和耦合协调度均出现了3种状态,两者变化状况基本上相吻合,但从协调状态的县域个数和区间变化来看,耦合协调度的变化稍滞后于耦合度的变化。耦合协调度的空间分布与耦合度分布特征基本相似,高、低值区的空间分布差异主要受到历史发展基础、经济社会发展水平、交通区位和资源禀赋等因素制约,由西南向东北大致呈现“M”型的基本空间格局。

3) 耦合度表征生态承载力内部三大子系统相互作用程度的强弱,耦合协调度反映相互作用中耦合程度的协调发展水平高低。通过两者空间组合,发现洞庭湖区17个县域3个典型年份中出现了5种空间组合类型,其基本空间格局是,低耦合低协调区集中分布在洞庭湖区中部和西南部,高耦合高协调区则沿京广线、石长线和常岳高速三线呈“三足鼎立”布局,其它不同组合类型则集中于高耦合高协调区外围呈“零星状”分布。不同组合类型的县域变化反映了耦合协调度变化的基本规律,即耦合度与耦合协调度并非保持一致,人类社会经济活动对资源利用程度和对生态环境干扰力度是导致耦合协调类型变化的直接驱动力,经济社会发展水平、交通区位、城市发展历史和基础、区域发展战略与政策、市场发育环境等是推动耦合协调度是时空格局演化的主要影响因素。

4) 生态承载力系统内在协调性是生态系统可持续承载的关键,“人-地”之间作用与反作用是实现生态、经济和社会可持续发展面临的核心课题。因此,在构建“环洞庭湖生态经济圈”实践过程中,应践行“资源节约型和环境友好型”发展道路,因地制宜调整土地利用类型,彻底改变“粗放式、掠夺式”社会经济发展模式,注重内涵发展和集约水平,优化产业结构,持续推进“退田还湖、退耕还林、移民建镇”等生态修复和治理措施;通过科技创新、循环经济和低碳模式,提高资源利用率,降低生态环境压力,增强生态承载力系统内在

协调性,统筹人与自然和谐发展。

参考文献:

- [1] 高吉喜.可持续发展理论探讨:生态承载力理论、方法与应用[M].北京:中国环境科学出版社,2001:12~28,69.
- [2] 许联芳,杨勋林,王克林,等.生态承载力研究进展[J].生态环境,2006,15(5):1111~1116.
- [3] Coastanza R, Arge R, Groot R et al. The value of the world ecosystem services and nature[J]. Nature, 1997,387:253-260.
- [4] Wackernagel M, Galli A. An overview on ecological footprint and sustainable development: a chat with Mathis Wackernagel[J]. International Journal of Ecodynamics, 2007, 2(1): 1-9.
- [5] 王家骥,姚小红,李京华,等.黑河流域生态承载力估测[J].环境科学研究,2000,13(2):44~48.
- [6] 毛汉英,余丹林.区域承载力定量研究方法初探[J].地理科学进展,2001,16(4):549~555.
- [7] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J].地理学报,2005,60(2):237~247.
- [8] 马丽,金凤君,刘毅.中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J].地理学报,2012,67(10):1299~1307.
- [9] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理,1999,19(2):171~177.
- [10] LIU Dong, FENG Zhiming, YANG Yanzhao et al. Spatial patterns of ecological carrying capacity supply-demand balance in China at county level[J]. Journal of Geographical Sciences, 2011, 21(5): 833-844.
- [11] 岳东霞,杜军,刘俊艳,等.基于RS和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价[J].生态学报,2011,31(9):2550~2558.
- [12] 张可云,傅帅雄,张文彬.基于改进生态足迹模型的中国31个省级区域生态承载力实证研究[J].地理科学,2011,31(9):1084~1089.
- [13] 荀斌,于德永,杜士强.快速城市化地区生态承载力评价研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2012,48(1):74~80.
- [14] 湖南省委省政府.将环洞庭湖生态经济圈建设上升为国家战略[N].长沙晚报,2012-3-7(6).
- [15] 陈端吕,彭保发,熊建新.环洞庭湖区生态经济系统的耦合特征研究[J].地理科学,2013,33(11):1338~1346.
- [16] 熊建新,刘淑华,李文.洞庭湖区土地利用变化及其生态承载力响应[J].武陵学刊,2013,38(5):24~29.
- [17] 陶卫春,王克林,陈洪松,等.退田还湖工程对洞庭湖生态承载力的影响评价[J].中国生态农业学报,2007,15(3):155~160.
- [18] 尹少华,安消云.基于可持续发展的洞庭湖流域生态足迹评价研究[J].中南林业科技大学学报,2011,31(6):107~110.
- [19] 熊建新,陈端吕,谢雪梅.基于状态空间法的洞庭湖区生态承载力综合评价研究[J].经济地理,2012,32(11):138~142.
- [20] 李琳,徐洁.环洞庭湖区域经济与生态环境协调发展度的比较研究[J].武陵学刊,2013,38(1):17~21.
- [21] 熊建新,陈端吕,彭保发,等.洞庭湖区生态承载力及系统耦合效应[J].经济地理,2013,33(6):155~161.
- [22] 窦鸿身,姜加虎.洞庭湖[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2000:3~10.
- [23] Vefie L. The penguin dictionary of physics[M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996:92-93.
- [24] 中国科学院可持续发展战略研究组.中国可持续发展战略报告[M].北京:科学出版社,2008:353~385.
- [25] 国家环境保护部.生态环境状况评价技术规范(试行)(HJ/T192-2006)[M].北京:中国环境科学出版社,2006.
- [26] 湖南省统计局.湖南省统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001~2010.
- [27] 岳阳市统计局.岳阳市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001~2010.
- [28] 常德市统计局.常德市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001~2010.
- [29] 益阳市统计局.益阳市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001~2010.
- [30] 胡秉民,王兆骞,吴建军,等.农业生态系统结构指标体系及其量化方法研究[J].应用生态学报,1992,3(2):144~148.
- [31] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等.基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J].地理科学,2013,33(11):1323~1329.
- [32] 刘定惠,杨永春.区域经济—旅游—生态环境耦合协调度研究——以安徽省为例[J].长江流域资源与环境,2011,20(7):892~896.
- [33] 孙占东,黄群,姜加虎.洞庭湖主要生态环境问题变化分析[J].长江流域资源与环境,2011,20(9):1108~1112.
- [34] 熊建新,彭保发,陈端吕,等.洞庭湖区生态承载力时空演化特征[J].地理研究,2013,32(11):2031~2040.
- [35] 董明辉,陈端吕,彭保发.环洞庭湖区社会经济发展的几点思考[J].湖南文理学院学报(社会科学版),2007,32(3):7~13.

Spatio-temporal Difference of Coupling Coordinative Degree of Ecological Carrying Capacity in the Dongting Lake Region

XIONG Jian-xin¹, CHEN Duan-lu¹, PENG Bao-fa¹, DENG Su-ting¹, XIE Xue-mei²

(1. *Resources Environment and Tourism College, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China;*

2. *Geography and Planning School of Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China*)

Abstract: Ecological carrying capacity is a complex dynamic system including natural-economy-society, and its intrinsic coordination is the key to sustainable carrying capacity of ecosystem. In different spatio-temporal scales, the coupling coordinative degree of ecological carrying capacity presents different differences and changes. On the basis of coupling coordinative development interactive mechanism of ecological carrying capacity, the article constructs an evaluation index system of coupling coordinative degree, and analyzes the temporal and spatial difference of coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in the Dongting Lake region by using capacitive coupling model. The results show that: 1) The trends of coupling degree and coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in the Dongting Lake region from 2001 to 2012 seemed to be the same, and presented roughly steady upward trend. The mean of coupling degree was 0.499, in antagonistic stage; the mean of coupling coordinative degree was 0.463, in the moderate coupling coordinative phase; the average annual growth rate of coupling degree was 3.35%, greater than coupling coordinative degree, which was 3.05%. It indicated that the internal coupling and synergies of the ecological carrying capacity was obvious, and the coupling strength was greater than the internal coordination. 2) As to spatial variation, there were three states of coupling degree in three different years in 17 counties of the Dongting Lake area, which were a low coupling, antagonistic phase and running-in phase, each coupling state had different county number and interval change. The coupling coordinative degree appeared three states of low coupling coordination, moderate coupling coordination and highly coupling coordination, the variation was substantially similar to the coupling degree, however the change of the county number and interval change in coordinative state lagged behind the coupling degree. The spatial distribution of coupling coordinative degree and coupling degree were similar, high and low spatial differences were mainly decided by the historical development, social and economic developmental level, traffic location and natural resources. 3) As to spatial combination, there were five kinds of spatial combination types in three typical years in 17 counties of Dongting Lake area, which were low-low, medium-low, medium-medium, high-medium and high-high. The basic spatial pattern was that low-low type concentrates in the central and southwestern of Dongting Lake area, and high-high type were along the traffic lines of Beijing-Guangzhou, Shimen-Changde and Changde-Yueyang, and the layout looked like "three pillars". Other types were focused on periphery of the high-high type, in scattered distribution. The county changes of different combination types reflected the basic law of the change of coupling coordinative degree, which coupling degree and coupling coordinative degree were not consistent; in the process of human social and economic activities, the degree of utilization of resources and disturbance intensity of the ecological environment were directly driving forces leading to the change of coupling coordinative type.

Key words: ecological carrying capacity; capacitive coupling model; coupling coordinative degree; Dongting Lake region