

湖北汉江流域水资源承载力研究

曾浩^{1,2}, 张中旺^{1,2}, 孙小舟¹, 李权国¹

(1. 湖北文理学院 地理学系, 湖北 襄阳 441053; 2. 中国地质大学, 武汉 430074)

摘要: 以湖北汉江流域为研究区域, 构建了区域水资源承载力评价指标体系, 并运用动态因子分析法对该流域 9 个湖北城市的 2006 年-2010 年水资源承载力进行了定量评价研究。结果显示: 研究期内, 湖北汉江流域水资源承载力呈现较明显的区域差异特征: 武汉市的水资源承载力的综合水平在区域内处于领先地位; 神农架林区、襄阳市、孝感市和仙桃市平均综合排名相对靠前, 均为正值; 荆门市、天门市、十堰市和潜江市平均综合得分均为负值, 排名较落后。总体上, 湖北汉江流域水资源承载力发展态势不容乐观, 应积极采取相应措施提高各地区及整体的水资源承载力状况, 从而促使水资源、社会、经济可持续稳定发展。

关键词: 汉江流域; 水资源; 承载力

中图分类号: TV 213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)04-0022-04

Study of Water Resources Carrying Capacity in the Hanjiang River Basin of Hubei

ZENG Hao^{1,2}, ZHANG Zhongwang^{1,2}, SUN Xiaozhou¹, LI Quanguo¹

(1. Geography Department, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China;

2. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: An evaluation index system of regional water resources carrying capacity was developed in the Hanjiang River Basin of Hubei Province, and the dynamic factor analysis was used to perform a quantitative study of the water resources carrying capacity in nine cities within the river basin. The results showed that the water resources carrying capacity in the Hanjiang River Basin varies significantly in different cities such that Wuhan is the leading city in terms of water resources carrying capacity followed by Shennongjia forest region, Xiangyang, Xiaogan, and Xiantao, whereas Jingmen, Tianmen, Shiyan, and Qianjiang have weaker water resources carrying capacity. In general, the development trend of water resources carrying capacity in the Hanjiang River Basin of Hubei Province was not optimistic, and the corresponding measures should be conducted to improve the water resources carrying capacity, and thereby promoting the sustainable and stable development of water resources, society, and economy.

Key words: Hanjiang river basin; water resources; carrying capacity

2013 年 1 月 2 日, 国务院办公厅下发了《实行最严格水资源管理制度考核办法》的通知, 其中提到, “推进实行最严格水资源管理制度, 确保实现水资源开发利用和节约保护的主要目标”, 将水资源管理推向最严格的管理程度^[1]。社会经济的可持续发展在很大程度上依赖于水资源的可持续利用水平, 保证水资源可持续利用的重点是要采取措施保护水资源的可再生能力。相关研究文献表明, 对水资源的开发利用不超过其承载力及其环境容量, 水资源就能达到可持续利用水平^[2-3]。南水北调中线一期工程将于 2014 年年底完成

通水, 不但缓解受水区如华北地区的水资源短缺, 也给调水区带来了千载难逢的发展机遇。但同时调水区也面临着较为严峻的水资源压力。调水区的水资源承载力关系到整个汉江流域的经济、社会、生态的可持续发展及南水北调中线工程的成败, 而经济社会发展受阻也会影响水资源承载力状况。因此, 探讨湖北汉江流域水资源承载力状况, 为实现汉江流域水资源合理利用、生态建设及产业结构调整提供科学依据和决策支持, 具有十分重要的科学意义和紧迫的现实意义。

收稿日期: 2013-03-20 修回日期: 2013-07-09 网络出版时间: 2013-07-29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130729.0859.001.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101544); 2012 年度湖北省社会科学基金项目(2012088); 湖北省软科学研究专项计划项目(2011DEB008); 湖北省社会科学基金项目“十一五”规划课题([2010]275); 湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队“汉江流域资源环境与区域发展”(T201314)

作者简介: 曾浩(1987-), 男, 湖北襄阳人, 硕士研究生, 主要从事经济地理方面研究。E-mail: zenghaoxf@163.com

通讯作者: 张中旺(1966-), 男, 湖北孝感人, 教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事区域资源环境保护及可持续发展方面研究。E-mail: zhangzwxf@163.com

1 湖北汉江流域概况

汉江发源于秦岭南麓,自西北-东南向从陕西流经湖北十堰、神农架林区、襄阳、荆门、潜江、天门、仙桃、孝感等地,在武汉与长江汇合,干流全长 1 577 km,其中丹江口以上为上游,长约 925 km;丹江口至钟祥皇庄为中游,长约 270 km;钟祥皇庄以下为下游,长约 382 km。作为本文的研究区域,汉江湖北段涵盖了汉江的上中下游,占全长的 55.2%。汉江在湖北省境内的流域面积为 $6.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,沿程有堵河、南河、北河、小清河、唐白河、蛮河、竹皮河、天门河和汉北河等九条主要支流汇入。这一区域也是湖北省最具经济活力的地区之一,经过长期发展,汉江流域湖北段经济社会发展逐渐形成了自己的特点^[4]:(1)流域资源较为丰富,资源开发利用初具规模;(2)农业产业化水平较高,是全省农业主产区之一;(3)工业化特色明显,工业化水平位于全省重要地位;(4)城镇化步伐发展速度较快,县域经济活力较强;(5)城乡居民生活水平显著提高,社会公共事业发展较快。

2 评价指标、数据与方法

2.1 指标

要准确衡量区域水资源承载力的实际状况,前提是要构建科学、合理的水资源承载力评价指标体系。由于区域水资源承载力作为一个复杂的巨系统,具有动态性、开放性、多变性等显著特点,因此为了使构建的指标体系既能够较为准确地反映区域个体本身特征,又能够反映出整个区域系统的状态,同时又有较强的可操作性和实用性,在构建指标体系过程中需要把握以下几点:必须遵循科学性、层次性、可操作性、可量比量化性等原则;评价指标应涵盖水资源、社会、经济、生态环境等多方面的因素;应该综合资源环境承载力的多个指标信息,将其转化成能够反映资源环境承载力总体特征的综合指标,这样既能完成横向比较,也能完成纵向比较,达到全面综合评价的效果。

本文根据区域水资源承载力的特征,结合建立指标体系所遵循的原则,构建出湖北汉江流域水资源承载力评价指标体系。该指标体系由目标层、系统层和指标层组成,包括了反映水资源系统、社会系统、经济系统、生态环境系统的 18 个三级指标。研究区域涵盖汉江流域湖北段的武汉市、襄阳市、十堰市、孝感市、荆门市、仙桃市、天门市、潜江市和神农架林区 9 个城市。湖北汉江流域水资源承载力评价指标体系见表 1。

2.2 数据来源

本文进行水资源承载力评价所使用的数据来自于《湖北统计年鉴》(2006 年-2011 年)、《中国城市统计年鉴》(2006 年-2011 年)、《湖北省环境质量状况公报》(2005 年-2010 年)、《湖北省水资源公报》(2005 年-2010 年)等资料。

2.3 评价方法

目前国内外水资源承载力评价方法较多,依据权数产生方法不同,分为主观和客观赋权评价两种。主观赋权评价法是依据专家的判断确定各指标权重,比如层次分析法;客观赋权评价法则是根据统计数据本身特征来确定各指标权重,

表 1 湖北汉江流域水资源承载力评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of water resources carrying capacity in the Hanjiang River Basin of Hubei Province

目标层	系统层	指标层	计算方法
汉江流域水资源承载力评价指标 A1	水资源系统指标 B1	单位面积水资源量	水资源总量/区域面积
		水资源开发利用效率	水资源利用量/水资源总量
		供水模数	供水量/国土面积
	社会系统指标 B2	人口自然增长率	(本年人口总数-上年人口总数)/上年人口总数
		人口密度	人口总数/区域面积
		城镇化率	城镇人口/总人口
		人均水资源量	水资源总量/人口总数
		城镇人均生活用水量	城镇居民每人每日平均生活用水量
		农村人均生活用水量	农村居民每人每日平均生活用水量
		人均 GDP	GDP/人口总数
经济系统指标 B3	GDP 增长率	(本年 GDP-上年 GDP)/上年 GDP	
	第一产业比重	第一产业 GDP/GDP	
	万元 GDP 水耗	GDP/总用水量	
	万元工业增加值用水量	工业用水量/工业总产值	
生态环境系统指标 B4	农业灌溉平均用水量	灌溉用水量/灌溉面积	
	生态环境用水量	生态用水/水资源总量	
	工业废水达标排放率	达标排放量/工业废水排放量	
		森林覆盖率	森林覆盖面积/区域面积

较主观赋权评价法更能反映评价结果的客观性,如离差权法、主成分分析法等。本文拟利用动态因子分析法对反映水资源承载状况的面板数据进行分析。

动态因子分析(Dynamic Factor Analysis, DFA)是由 Coppi Zannella^[5]提出的,该方法能够很好地克服客观赋权评价法在进行动态评价时只进行横向比较而不进行纵向比较的弊端,适合在多主体变化趋势分析评价中运用。Alessandro Federici 和 Andrea Mazzitelli^[6]、Mario Forni 和 Marc Hallin^[7]曾采用动态因子分析法进行过相关研究,得出较为客观的结果。国内的胡日东等^[8]利用动态因子法对我国房地产业发展进行过综合评价。

动态因子分析法基本原理是将利用主成分分析得到的截面分析结果和利用线性回归分析得到的时间序列分析结果进行综合。运用动态因子分析法进行研究的优点在于采用面板数据进行实证研究可以扩大样本量,增加自由度,减少多重共线性对其影响,并且能够对多主体截面数据的横向比较做出准确的静态比较,对多主体多指标的跨期变价进行动态评价,这样使结果具有横向对比性也具有纵向对比性,能够客观反映区域水资源承载力动态变化状况。

动态因子分析法的具体原理及步骤如下。

(1) 对指标体系中所有数据 X_{ij} 进行标准化处理,以消除指标数据量纲的影响。

(2) 依据各个年份的协方差矩阵 $S(t)$, 求解出平均协方差矩阵 S_r , 其综合反映了数据静态结构差异和动态变化的

影响, 表现形式如下:

$$S_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T E S(t) \quad (1)$$

(3) 对 S_T 的特征值及特征向量分别进行求解, 从而得到各特征值的方差贡献率。

(4) 计算各主体的平均得分矩阵。公式如下:

$$c_{it} = (z_i - z_{ij}) c \cdot a_h$$

式中: z_i 为单个主体的平均向量, $z_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it}$; $z_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it}$ 为

总体平均向量, $Z_{it} = (Z_{i1t}, \dots, Z_{ijit})$, $i = 1, 2, \dots, I$; $t = 1, 2, \dots, T$ 。

(5) 计算各主体的动态得分矩阵。

$$c_{hit} = (z_{it} - z_{ijt}) c \cdot a_h \quad h = 1, 2, \dots, k; t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

式中: $z_{ijt} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I z_{ijt}$, z_{it} 为第 t 年各指标的平均值。

(6) 将各主成分所对应的特征值占所提取主成分对应的总特征值之和的比例, 即方差贡献率作为权重, 最后计算平均得分 E , $E = \sum d_{ij} f_i$ (f_i 是公因子, d_i 是该公因子的贡献率)。

3 实证分析

本文选择基于主成分分析的动态因子分析法对汉江流域(湖北段)水资源承载力进行分析。利用 STATA 软件作为分析工具, 得到表 2 中各公因子的特征值、方差贡献率以及累计方差贡献率。公共因子的贡献率可用来表示该因子反映原来 4 个指标的信息量, 累计方差贡献率则表示响应几个公因子累计反映原指标体系的信息量。

表 2 动态因子分析法运行结果

Table 2 The dynamic factor analysis results

	e1	e2	e3	e4
特征值	50.4237	26.91008	21.21595	9.20832
方差贡献率	0.390943	0.226531	0.184043	0.092142
累计方差贡献率(%)	0.390943	0.617474	0.801517	0.893659

由表 2 显示, 第 1、2、3、4 个公因子的特征值分别为 50.4237、26.91008、21.21595 和 9.20832, 其方差贡献率分别为 39.0943%、22.6531%、18.4043% 和 9.2142%, 累计方差贡献率达到 89.3659%, 分析结果较为理想, 说明用这 4 个公因子可以代表指标与各地区中的主要信息。所以选用 4 个主公因子作为湖北汉江流域水资源承载力的计算因子, 代表原始指标对区域内各城市水资源承载力水平进行

表 4 湖北汉江流域水资源承载力综合得分

Table 4 Comprehensive scores of the water resources carrying capacity in the Hanjiang River Basin of Hubei Province

城市名称	2006	2007	2008	2009	2010	平均综合得分	排名
武汉市	2.042863	2.052611	2.263288	2.635865	2.674466	2.333819	1
神农架林区	0.826278	0.584334	0.617034	0.344393	0.405447	0.515497	2
襄阳市	0.519494	0.539068	0.456419	0.319836	0.373511	0.441666	3
孝感市	0.40084	0.382439	0.223182	0.354778	0.209792	0.314206	4
仙桃市	0.017978	0.143956	0.118705	0.239505	0.104828	0.124994	5
荆门市	-0.05543	-0.09185	-0.22759	-0.12269	-0.21825	-0.14316	6
天门市	-0.22733	-0.26906	-0.14824	-0.1313	-0.08412	-0.17201	7
十堰市	-1.09308	-0.95023	-1.11352	-1.18356	-1.10954	-1.08999	8
潜江市	-1.2316	-1.39126	-1.18928	-1.45683	-1.35613	-1.32502	9

分析与评价。

根据主因子得分系数矩阵, 可得到主因子和原始变量的关系。通过式(4)可以得到在忽略时间变化情况下各主体主因子的静态得分向量

$$FS = FC^T \times \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1j} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Z_{i1} & Z_{i2} & \dots & Z_{ij} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: Z_{ij} 为第 i 个原始变量的 j 个观测值, 将其标准化处理为:

$$Z_{ij} = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)}{\sqrt{S_{ij}}} \quad (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, 9) \quad (5)$$

式中: x_{ij} 为第 i 个原始变量的第 j 个观测值; x_i 为第 i 个变量观察值的平均值; S_{ij} 为第 i 个变量观测值的标准差。进行标准化处理的目的是消除观测数据的量纲及数量级差异, 使数据具有同质性, 以便于进行数学运算。

以公因子 1、公因子 2、公因子 3 和公因子 4 的方差贡献率为权重进行加权平均计算, 得到平均得分:

$$E = 0.390943FS_1 + 0.226531FS_2 + 0.184043FS_3 + 0.092142FS_4$$

上式即为湖北汉江流域各城市水资源承载力综合评价模型。将 9 个城市的公共因子得分代入该模型, 得到平均得分 E 的矩阵。以平均得分大小进行排序, 就可排列出 9 个城市水资源承载力的排名情况。根据第 t 年各指标的平均值, 又可以计算出各城市在 2006 年-2010 年具体的动态得分矩阵。表 3 为主因子 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 、 $F4$ 的得分, 表 4 为湖北汉江流域不同城市、不同年份水资源承载力及平均水资源承载力的综合得分。

表 3 主因子 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 、 $F4$ 得分

Table 3 Scores of the main factors $F1$, $F2$, $F3$, and $F4$

地区	$F1$	$F2$	$F3$	$F4$
武汉市	3.090017	0.416467	4.3718733	-0.40458013
襄阳市	1.4455841	-1.745319	1.2456212	2.3009703
十堰市	-0.842775	-4.544023	0.8193458	-4.009355
孝感市	0.2263975	1.170685	0.4918377	-0.7231131
荆门市	-1.204651	0.21080954	0.4054344	3.4469398
仙桃市	-1.1531469	1.6384734	0.02765182	-0.62609135
天门市	-2.2273962	1.7621336	-0.04701455	-1.7767245
潜江市	-1.7753557	1.4928468	-1.2133726	-1.0014099
神农架林区	2.5586734	-1.5691383	-0.3696374	1.9842038

按平均综合得分进行分类: $E \geq 2$ 代表水资源承载力水平较好; $2 > E \geq 0$ 代表水资源承载力状况一般; $E < 0$ 代表水资源承载力水平较差。

根据动态因子分析对汉江流域(湖北段)各城市资源环境承载力的评价,可以得到如下结论。

(1) 汉江流域(湖北段)水资源承载力表现出明显的区域差异特性,其发展出现两极分化的趋势。通过比较2006年-2010年湖北汉江流域水资源承载力,在研究区域9个城市中,武汉市、神农架林区、襄阳市、孝感市和仙桃市的水资源承载力状况较好,都处于正值,其中武汉市水资源承载力状况整体趋于增长状况,并大幅度领先于其他8个城市,但由于武汉市是长江和汉江汇合处,主要水源应该是长江,因此武汉市水资源承载力跟其他8个城市相比优势明显,而荆门市、天门市、十堰市和潜江市水资源承载力综合得分为负值,承载力状况较差。

(2) 从时间序列来看,武汉市2006年-2010年水资源承载力呈现出稳重有升的趋势,得分有逐步提高的趋势。神农架林区、襄阳市、孝感市和仙桃市在2006年-2010年水资源承载力呈现出波动状况:神农架林区、襄阳市在2009年出现了最低值,2010年又有回升;孝感市在2008年出现最低值后又出现回升状况;仙桃市在2009年达到的峰值,2010年又出现回落状况。荆门和天门两市在2010年的得分为负,但都逐渐趋于正值。十堰市的水资源承载力面临南水北调中线工程水源地保护的压,承载力压力较大,得分维持在-1上下,波动幅度不大。潜江的得分也维持在-1值上下,2008年的得分稍高,但仍然与其他城市有很大差距。

(3) 湖北汉江流域水资源承载状况与区域经济社会发展互为影响。总体来看,区域中除武汉外各城市的社会经济发展都尚未离开依靠资源环境耗用和规模拉动的发展模式。武汉市的水资源承载力整体上呈现逐年增长的趋势,这与其近年来进行经济结构、产业布局的调整是密切相关的:近年来武汉大力去除高能耗、高污染企业,重点扶持高新技术产业。除此之外,经济的快速发展使其近几年在城市环境基础设施建设与环境污染治理投资上投入了大量的资金,因此取得了显著效果,但同时应考虑到武汉的水资源很大部分来自长江这一因素。

(4) 原因分析。a. 水资源开发利用不当。包括:在生产和生活领域存在结构型、生产型和消费型浪费,用水效率不高;农业用水实行大水漫灌,“跑、冒、滴、漏”严重,工业生产工艺落后,耗水量大;居民生活用水水价偏低,浪费严重。b. 水资源利用体制不完善。缺乏对水资源的统一管理,政府职能部门“各司其职”,缺乏协作,造成管理交叉或漏洞。另外,管理制度不健全,管理不规范,市场监管不力,执法部门执行力不足,政府宏观调控不到位。从管理体制来看,我国水资源管理机构涉及部门多,部门间职能交叉多,导致部门纠纷多,集中统一管理不足;从决策机制来看,水资源管理的多目标决策机制尚未形成,各项经济政策的环境一致性较差,公众参与机制还不健全;从协调机制来看,国家授权的协调机构并没有完全发挥真正的协调作用。c. 水资源保护意识淡薄。公众对水资源的价值认识不足,缺乏忧患意识,加上政府部门宣传不到位,人们的节水意识、环保意识较为淡薄,生活中大量地浪费水资源。企业责任感不强,法律意识淡薄,

污水处理设施落后,大量不达标的污水直接排入江河,甚至有的企业偷排污水。

4 结论与建议

本文选取了反映水资源系统、社会系统、经济系统、生态环境系统、综合协调、水资源与社会系统协调、水资源与经济系统协调、水资源与生态系统协调的18个指标,搜集湖北汉江流域各地区5年的面板数据,利用动态因子分析法综合评价了汉江流域(湖北段)水资源承载力2006年-2010年的承载状况。研究表明:从动态的角度来看,2006年-2010年,湖北汉江流域水资源承载力呈现波动性变化状况;从空间上看,武汉市的水资源承载力的综合水平在区域内处于领先地位;荆门市、天门市、潜江市、十堰市平均综合得分较低,排名比较靠后,均为负值;襄阳市、神农架林区、孝感市和仙桃市平均综合排名相对靠前,均为正值,表明水资源承载力发展状况与社会经济发展程度存在一定的关系。

总的来看,湖北汉江流域水资源承载力整体发展态势不容乐观。随着社会经济的发展,城镇化进程的加快,农业、农村灌溉需水量的增加,人口数量增多,未来对水资源的需求更大。由于湖北汉江流域各地区原有的社会经济发展水平、水资源状况存在着一定的差异,导致各地区水资源承载力状况呈现出区域差异。本文综合分析认为,应采取相应措施提高各地区及整体的水资源承载力状况,从而使水资源、社会经济可持续稳定发展。

(1) 调整区域内产业结构及布局,转变经济增长方式,提高用水效率和废水、污水处理率。积极调整产业结构,大力发展循环经济,通过节能、减排、降耗,实现清洁生产;引进废、污水回收利用设备,提高水资源的重复利用效率;利用科技手段发展现代节水农业,引进国内外先进的节水灌溉技术,大力提高农业灌溉水利用系数;确定城镇居民生活合理用水量,推广节水型生活用水器具、降低城市供水管网漏水率;通过污水处理提高水的类别,从而达到生态、工业、农业和生活用水标准,推动污水资源化。

(2) 加强区域内诸如南水北调、引江济汉等水利工程建设管理,调控水资源的时空分布不均,加大对水循环利用工程的投入,开源节流,提高区域内水资源承载力水平。建立汉江流域生态补偿机制,科学划定主体环境功能区和水环境功能区,制定重点流域的水污染防治规划,建立生态体系补偿标准、流域水质补偿制度、财政转移支付制度等。重点抓好引江济汉、兴隆水利枢纽、改建或扩建部分闸站、部分巷道整治四项配套措施,把湖北段流域都纳入汉江生态保护体系中,积极争取国家的财政投入,加大对流域内的生态环境治理,切实保护湖北段的水资源安全,为经济社会的可持续发展建立坚实的安全体制。

(3) 建立水环境保护的市场机制。考虑到湖北段有限的供水能力和日益增长的水需求,应在形成合理水价的基础上,保证并加大对水利基础设施的投入,逐步建立以合理的水权分配和市场交易经济管理模式,以及由价格制度、保障市场运作的法律制度为基础的水管理机制,重点建立健全水资源定价制度、排污权交易制度、水环境治理投融资机制,发

(下转第30页)

- Wei xin, JIANG Cui ling, et al. Ecological Footprint Method in Water Resources Assessment[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1279-1286. (in Chinese)
- [5] 谭秀娟, 郑钦玉. 我国水资源生态足迹分析与预测[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3559-3568. (TAN Xiurjuan, ZHENG Qingyu. Dynamic Analysis and Forecast of Water Resources Ecological Footprint in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3559-3568. (in Chinese))
- [6] 张军, 张仁陟, 周冬梅. 基于生态足迹法的疏勒河流域水资源承载力评价[J]. 草业学报, 2012, 21(4): 267-274. (ZHANG Jun, ZHANG Renzhi, ZHOU Dongmei. A Study on Water Resource Carrying Capacity in the Shule River Basin Based on Ecological Footprint[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2012, 21(4): 267-274. (in Chinese))
- [7] 王俭, 张朝星, 于英谭, 等. 城市水资源生态足迹核算模型及应用——以沈阳市为例[J]. 应用生态学报, 2012, 23(8): 2257-2262. (WANG Jian, ZHANG Chaoxing, YU Yingtan, et al. Calculation Model of Urban Water Resources Ecological Footprint and its Application: A Case Study in Shenyang City of Northeast China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(8): 2257-2262. (in Chinese))
- [8] 张岳. 中国水资源与可持续发展[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2000. (ZHANG Yue. China's Water Resources and Sustainable Development [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Publishing House, 2000. (in Chinese))
- [9] 任志远, 黄青, 李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 597-606. (REN Zhiyuan, HUANG Qing, LI Jing. Quantitative Analysis of Dynamic Change and Spatial Difference of the Ecological Safety: the Case of Shanxi Province[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(4): 597-606. (in Chinese))
- [10] 河池市水利局. 河池市水资源公报(2004-2010)[R]. 河池: 河池市水利局, 2004-2010. (Water Conservancy Bureau of Hechi City. Hechi City Water Resources Bulletin 2004-2010[R]. Hechi Water Conservancy Bureau of Hechi City, 2004-2010. (in Chinese))
- [11] 《河池统计年鉴》编委会. 河池统计年鉴(2005-2011)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005-2011. (“Statistical Yearbook of Hechi” Editorial Board. Hechi Statistical Yearbook (2005-2011) [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005-2011. (in Chinese))
- [12] 张岳. 21 世纪水危机与节水[J]. 水利水电科学进展, 1997, (2): 2-9. (ZHANG Yue. Water for the 21st Century and Water Crisis [J]. Hydropower Scientific Progress, 1997, (2): 2-9. (in Chinese))
- [13] 方国华, 罗乾, 黄显峰, 等. 基于生态足迹模型的区域水资源生态承载力研究[J]. 水电能源科学, 2011, 29(10): 12-14. (FANG Guohua, LUO Qian, HUANG Xianfeng, et al. Based on Emergy Theory Analysis for Benefit of Agricultural Irrigation[J]. Water Resources and Power, 2011, 29(10): 12-14. (in Chinese))
- [14] 常文娟, 梁忠民, 戴昌军, 等. 基于生态足迹指数的汉江流域可持续发展评估[J]. 水电能源科学, 2011, 29(8): 4-6. (CHANG Wenjuan, LIANG Zhongmin, DAI Changjun, et al. Sustainable Development Evaluation of Hanjiang River Basin Based on Ecological Footprint Index[J]. Water Resources and Power, 2011, 29(8): 4-6. (in Chinese))
- [15] 黄左贤. 河池市水资源可持续利用对策研究[J]. 广西水利水电, 2010, (2): 62-65. (HUANG Zuoxian. Sustainable Utilization of Water Resources in Hechi City[J]. Guangxi Water Resources and Hydropower Engineering, 2010, (2): 62-65. (in Chinese))

(上接第 25 页)

挥水价的经济杠杆作用, 促进水资源合理配置。提高人口素质, 利用网络、新闻媒体对公民进行节水宣传教育, 形成良好的用水习惯, 加强资源节约、环境友好的两型社会建设, 实现经济增长和水资源协调发展。

参考文献(References):

- [1] 国务院关于印发最严格水资源管理制度考核考核办法的通知[EB/OL]. http://www.hbepb.gov.cn/zwgk/zcwj/gw/wj/201301/t20130107_58417.html. (About Print and Distribute the Most Strict Water Resources Management System of the State Council Notice of Assessment assessment method [EB/OL]. http://www.hbepb.gov.cn/zwgk/zcwj/gw/wj/201301/t20130107_58417.html. (in Chinese))
- [2] 傅春, 冯尚友. 水资源持续利用(生态水利)原理探讨[J]. 水科学进展, 2000, 11(4): 436-440. (FU Chun, FENG Shangyou. Study on the Principle of the Sustainable Utilization of Water Resources(Ecological Hydraulic Engineering) [J]. Advances in Water Science, 2000, 11(4): 436-440. (in Chinese))
- [3] 李令跃, 甘泓. 试论水资源合理配置和承载能力概念与可持续发展之间的关系[J]. 水科学进展, 2000, 11(3): 307-313. (LI Lingyue, GAN Hong. Remark on the Relationship between Water Resources Rational Allocation, Carrying Capacity and Sustainable Development[J]. Advances in Water Science, 2000, 11(3): 307-313. (in Chinese))
- [4] 张中旺. 南水北调对湖北经济发展影响及两江水资源的综合利用研究[J]. 襄樊学院学报, 2010, 31(1): 5-10. (ZHANG Zhongwang. Impact of the South to North Water Transfer Project on the Development of Hubei Economy and Comprehensive Utilization of Water Resources in Yangtze River and Hanjiang Rivers[J]. Journal of Xiangfan University, 2010, 31(1): 5-10. (in Chinese))
- [5] Coppi R., Zannella F. L'Analisi Fattoriale di una Serie Temporale Multipla Relativa allo Stesso Insieme di Unit Statistiche[R]. XXIX Meeting of the Italian Stat. Soc, Bologna, 1978: 61-79.
- [6] Alessandro Federici, Andrea Mazzitelli. Dynamic Factor Analysis with Stata[EB/OL]. <http://www.stata.com/meeting/Italian/Federici.pdf>.
- [7] Mario Forni, Marc Hallin. The Generalized Dynamic Factor Model: Identification and Estimation[J]. Journal of Public Economics, 2004, 82(4): 540-554.
- [8] 胡日东, 李颖. 我国房地产业发展的综合评价——基于动态因子分析法[J]. 经济地理, 2011, 31(11): 1862-1866, 1873. (HU Riddong, Li Ying. The Impact Mechanism of Network Power and Network Openness on Industrial Cluster Performance A Case of ZHEJIANG Industrial Cluster [J]. Economic Geography, 2011, 31(11): 1862-1866, 1873. (in Chinese))
- [9] 张中旺. 南水北调中线工程与汉江流域可持续发展[M]. 武汉: 长江出版社, 2007. (ZHANG Zhongwang. Effect of the Middle Route Project of South to North Water Transfer on the Sustainable Development of Hanjiang River[M]. Wuhan: The Yarrgtze River Press, 2007. (in Chinese))
- [10] 张中旺, 江华军, 李长安, 等. 南水北调中线工程核心水源区水安全模糊综合评价[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(3): 16-21. (ZHANG Zhongwang, JIANG Huajun, LI Chang'an, et al. Fuzzy Comprehensive Evaluation of Water Security in Central Water Source Area of Middle Route of South to North Water Diversion Project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(3): 16-21. (in Chinese))