

河湖水系连通与经济社会发展协调度计算方法及应用

左其亭, 臧超, 马军霞

(郑州大学水科学研究中心, 郑州 450001)

摘要: 在分析河湖水系连通系统与经济社会发展系统之间协调关系的基础上, 建立了评价水系连通系统与经济社会发展系统的指标体系, 并通过层次分析法和熵值赋权法的结合方法确定了各项指标权重, 同时基于匹配度计算公式, 提出河湖水系连通系统与经济社会发展系统协调度计算方法。以郑州市作为研究实例, 运用协调度计算方法求得郑州市 2003 年至 2011 年历年的河湖水系连通系统与经济社会发展系统协调度和协调等级, 并对历年协调度的变化进行分析, 以期为河湖水系连通战略研究以及经济社会发展规划提供借鉴。

关键词: 河湖水系连通; 经济社会发展; 匹配度; 协调度

中图分类号: TV 213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 1683(2014) 03-0116-05

Calculation Method and Its Application of Coordination Degree between the Interconnected River System Network and Socio Economic Development

ZUO Qi ting, ZANG Chao, MA Jun xia

(Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Based on the analysis of coordination relationship between the interconnected river system network and socio economic development, an index system to evaluate the coordination of the two systems was developed. The combination method of analytic hierarchy process and entropy value method was used to determine the weight of each index. On the basis of the calculation formula of matching degree, the calculation method of coordination degree between the interconnected river system network and socio economic development was proposed. In this paper, this calculation method was applied to determine the coordination degree and level between the interconnected river system network and socio economic development in Zhengzhou from 2003 to 2011, and the variation of coordination degree in the past years was analyzed. The research is aimed at providing guidance and reference to the strategic study of interconnected river system network and socio economic development.

Key words: interconnected river system network; socio economic development; matching degree; coordination degree

自 2009 年以来, 不少部门和学者开展了河湖水系连通战略的相关研究、论证和规划建设。随着河湖水系连通战略的实施, 河湖水系连通对经济社会发展的带动作用逐渐显现。为了保证河湖水系系统与社会经济系统之间持续性地相互支持、相互促进, 研究两者之间的协调程度显得十分必要。

国内已经有大量学者对协调程度做过深入的研究, 主要领域包括: 城市化或者城市经济发展与生态环境之间^[1-3]、土地利用与经济社会发展之间^[4-5]、旅游产业与地区经济发展之间^[6-7]、旅游与地区交通之间^[8]、经济社会发展与科学技术发展之间^[9-10]的协调或耦合研究, 以及水资源与经济社会发展的协调程度^[11-12]、用水效率与城市经济发展的协调程度^[13]、水贫困与经济贫困的耦合协调研究^[14-15]等方面。但是,

目前还没有关于河湖水系连通与经济社会相关的协调程度研究。因此, 本文拟从协调程度的角度出发, 分析河湖水系连通与经济社会发展的关系, 为区域协调发展研究提供新的思路与方法。

1 河湖水系连通系统与经济社会发展系统协调关系

1.1 河湖水系连通系统

河湖水系连通系统旨在借助自然水循环的规律, 结合工程措施、非工程措施, 通过各水系的合理连通, 最终实现水资源可持续利用。调水工程就是一种河湖水系连通的形式。早在公元前 2400 年古埃及就兴建了世界上第一个河湖水系

收稿日期: 2013-11-30 修回日期: 2014-04-07 网络出版时间: 2014-05-07

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtk.2014.03.026.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(51279183; 51079132); 河南省科技攻关计划项目(132102310528); 河南省高校科技创新团队支持计划(13IRTSTHN030)

作者简介: 左其亭(1967), 男, 河南固始人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事水文及水资源研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

连通工程——尼罗河引水灌溉工程,中国的都江堰引水工程以及目前正在实施建设中的南水北调工程都是河湖水系连通的典型案例。但是随着社会的进步,对于河湖水系连通系统的理解已经从过去单一的水资源配置,发展到增强其在提高水资源统筹调配能力、改善水生态环境以及增强水旱灾害防御能力三方面具有显著作用^[16]。因此各地方政府也都在大力推进区域水系连通工作,如郑州市生态水系工程、大庆市河湖水系连通工程以及哈尔滨松花江地区生态水系规划等。

根据不同划分依据,河湖水系连通系统有如下几种类别方式:(1)基于连通性质分为恢复型水系连通和新建型水系连通;(2)基于连通功能可以分为以提高水资源统筹调配能力为主的水系连通、以提高河湖健康保障能力为主的水系连通、以提高抵御水旱灾害能力为主的水系连通;(3)基于地区水资源特征可以分为缺水型、丰水区、河网区三种类型^[17]。

1.2 经济社会发展系统

进入21世纪以后,我国的经济社会得到空前发展。经济的不断增长,促进了资源的开发利用、物质的进一步生产加工以及更加频繁的经济活动,从而构成了一个现代经济社会大系统。不得不说,目前维系这一系统运作的基础是自然资源的深度开发。但是由于某些自然资源的不可再生性、承载力的有限性、自然环境的持续恶化给人类带来的灾害以及人类具有棘轮效应^[18],目前的发展模式处于不可持续状态,因此必须寻求出一种合理的发展模式,在保证经济社会能够持续发展、生活水平能够继续提高的同时,还可以逐渐恢复遭受破坏的生态环境,缓解甚至消除资源短缺的危机,最终达到自然与人类共赢的局面。

1.3 两系统之间的协调关系

水资源的“可再生性”需要一定的条件。河湖水系连通战略作为合理开发利用水资源的一项重要举措,是寻求提高水资源“可再生性”的重要尝试。

河湖水系连通战略得以实施之后,可以通过合理的调节进行资源配置,提供充足的城市供水和农田灌溉,促进社会的稳定和农作物的丰收;增强对洪水和干旱灾害的抵御能力,降低灾害风险,保证居民生命财产安全;改善水生态环境,增加水环境容量,提高水体纳污能力,扩大水生生物生存空间等;河湖水系连通系统可以凸显水系航运价值,带动沿河周边城市经济发展;河湖水系连通系统还可增加滨水土地价值,无论是滨水居住价值还是滨水景观价值,皆是带动经济社会发展的有利驱动因素^[19]。另一方面,随着社会经济发展和文明程度的提升,人们对于生活条件和生活环境的要求随之提高,河湖水系连通系统的发展也就具备了契机;经济不断发展和科技不断进步,也使得河湖水系连通系统具备了发展的条件;经济社会系统得到充分发展的同时也会回馈河湖水系连通系统,使其各系统运行更趋完善,从而发挥更大的综合效益。总之,当河湖水系连通系统与经济社会发展系统的协调程度很高时,二者可以达到相互促进的良性循环状态。

2 协调度计算方法

根据科学性、独立性、数据的可获取性以及定量和定性

相结合的原则作为筛选标准,依据河湖水系连通系统与经济社会发展系统二者之间的内在联系和作用机理,分别构建两个系统的计算指标体系,用于求得河湖水系连通系统综合指数和经济社会发展系统综合指数。指标权重则根据主观赋权评估法与客观赋权评估法相结合的手段^[15,20]进行确定,其中主观赋权评估采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP),通过向不同专家咨询,得出意见较为统一的各子系统指标矩阵,并通过matlab软件对矩阵计算求解,得出准则层和指标层各项权重;客观赋权评估采用熵值法(Entropy Value Method, EVM)对采集到的2003年至2011年各项指标数据进行求解,确定出指标层的各项指标权重。最后将AHP方法和EVM方法得到的权重进行拟合,构建最小二乘法优化决策模型,通过构造拉格朗日函数求解得到最优解,从而得出指标层的综合权重^[15]。

2.1 河湖水系连通指标体系

引入能够反映河湖水系连通系统整体发展水平的“河湖水系连通系统综合指数(Interconnected River System Network Index, IRSNI)”^[21]构建河湖水系连通系统计算指标体系,其计算公式为:

$$IRSNI = f(x) = \sum_{i=1}^n a_i x_i, \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad (1)$$

式中: x_i 表示河湖水系连通系统计算指标体系中各准则层指标; a_i 为其对应的准则层权重; $n=3$ 。

河湖水系连通系统计算指标体系由结构、功能、环境三个子系统综合构成。

(1)结构子系统包括河频率、河网密度和水系连通度三个指标,这三个指标从河湖水系的结构角度反映该系统的特性。其中,河频率为单位面积的河流数量;河网密度为单位面积的河流长度;水系连通度以 γ 指数来衡量。 γ 指数是指水系网络内连线的实际数目与连线可能存在的最大数目之间的比率,即:

$$\gamma = \frac{m}{3(n-2p)} \quad (2)$$

式中: m 为连线或边的数目; n 为结点数; p 为水系网络中亚图的数目^[22](注:亚图就是子图,是网络分析中的一个专有名词)。

(2)功能子系统包括:城市地表水供水量——地表水源(以河流为主)在不同来水条件下对城市提供的水资源量;亩均灌溉用水量——河流对某一地区农作物每亩的灌溉用水量;通航可达率——船只可以不间断通航一次性到达的最大距离与区域总面积的比值,反映的是河湖水系连通系统中航运功能的指标。

(3)环境子系统由能够反映河流水资源纳污能力的水体污染物COD浓度和能够反映人类对河流亲近程度的水景观舒适度两个指标构成,水景观舒适度指标通过对河流附近的居民问卷调查,采取百分制打分法获取。

3.2 经济社会发展指标体系

引入能够反映经济社会发展系统整体水平的“经济社会发展系统综合指数(Social Economic Development Index, SEDI)”构建经济社会发展系统计算指标体系。该体系分为经济、人口、农业、工业和第三产业五个子系统,其中,

经济子系统包括 GDP、人均 GDP、万元 GDP 用水量；人口子系统包括人均日生活用水量、人口增长率、人口密度；农业子系统包括人均农业产值、人均有效灌溉面积；工业子系统包括万元工业增加值用水量、污水排放量；第三产业子系统包括第三产业比重、第三产业增长率。*SEDI* 的计算公式为：

$$SEDI = g(y) = \sum_{j=1}^m a_j y_j, \quad \sum_{j=1}^m a_j = 1 \quad (3)$$

式中： y_j 表示经济社会发展系统计算指标体系中各准则层指标； a_j 为其对应的准则层权重； $m = 5$ 。

3.3 协调度计算方法

本文提出基于匹配度和综合评价指数计算的协调度计算方法，来构建河湖水系连通系统与经济社会发展系统协调模型。

(1) 构建匹配模型，求出河湖水系连通系统和经济社会发展系统的匹配度 $M(i)$ 。

a. 空间上的匹配度，即两系统在各个分区上的匹配程度。

$$M(i) = 1 - \frac{|f(i) - g(i)|}{\max_{k=1}^K (f(k), g(k)) - \min_{k=1}^K (f(k), g(k))} \quad (4)$$

$M(i) =$

$$1 - \frac{|f(i) + g(i) - \max_{k=1}^K (f(k), g(k)) - \min_{k=1}^K (f(k), g(k))|}{\max_{k=1}^K (f(k), g(k)) - \min_{k=1}^K (f(k), g(k))} \quad (5)$$

式中： i 代表不同的地区； $M(i)$ 为各地区的匹配度； K 表示研究对象共有 K 个分区。式(4)适用于河湖水系连通和经济社会发展两个系统同步越大，其越匹配的情况，式(5)适用于一个系统指数越大，另一个系统指数越小时二者越匹配的情况。

b. 时间上的匹配度，即两个系统在逐个时间段内的匹配程度。

$$M(j) = 1 - \frac{|f(j) - g(j)|}{\max_{t=1}^T (f(t), g(t)) - \min_{t=1}^T (f(t), g(t))} \quad (6)$$

$M(j) =$

$$1 - \frac{|f(j) + g(j) - \max_{t=1}^T (f(t), g(t)) - \min_{t=1}^T (f(t), g(t))|}{\max_{t=1}^T (f(t), g(t)) - \min_{t=1}^T (f(t), g(t))} \quad (7)$$

式中： $M(j)$ 代表不同时间段 j 的匹配度； T 为总时间长度。与式(4)、式(5)类似，式(6)为同步情况，式(7)为异步情况。

(2) 通过式(8)计算河湖水系连通系统和经济社会发展系统的综合评价指数 P 值。

$$P = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (8)$$

式中 P 表示对河湖水系连通发展水平和经济社会发展水平的综合评价，其反映二者的整体效益或水平， P 越大则整体效益越大； $\alpha, \beta \in [0, 1]$ ，为权重， $\alpha + \beta = 1$ 。由于河湖水系连通并非是促进经济社会发展的唯一驱动力，所以本文中 α 取 0.6， β 取 0.4^[23]。 P 值越大，说明河湖水系连通系统和经济社会发展系统的关系越协调。

(3) 综合考虑匹配度 $M(i)$ 和综合评价指数 P ，使得河湖水系连通系统和经济社会发展系统的关系既“匹配”又“协调”。所以，通过式(9)，计算两个系统的协调度 CD ， $CD \in [0, 1]$ 。

$$CD = M^\mu \cdot P^r \quad (9)$$

式中： CD 越大则表示越协调； μ, r 分别为 M, P 的指数权重， $\mu + r = 1$ ，本文实例计算时采用 $\mu = r = 0.5$ 。

参考文献[24]，根据 CD 的计算结果，对协调度进行等级划分，见表 1。

表 1 协调度等级划分标准

Table 1 Grade classification standard of coordination degree

协调度(CD)	协调等级	协调度(CD)	协调等级
[0, 0.10)	极度失调	[0.50, 0.60)	勉强协调
[0.10, 0.20)	严重失调	[0.60, 0.70)	初级协调
[0.20, 0.30)	中度失调	[0.70, 0.80)	中级协调
[0.30, 0.40)	轻度失调	[0.80, 0.90)	良好协调
[0.40, 0.50)	濒临失调	[0.90, 1]	优质协调

4 实例分析

4.1 研究区概况

河南省郑州市地处中原腹地，北临黄河，西依嵩山，东南为广阔的黄淮平原，地跨黄河、淮河两大流域，总面积 7 446.2 km²。全市有大小河流 124 条，流域面积较大的河流有 29 条，其中黄河流域 6 条，淮河流域 23 条。到 2012 年，全年完成生产总值 5 547 亿元，人均生产总值 63 328 元，全市总人口将近 910 万，是河南省经济最为发达，人口最为稠密的地区之一。

郑州市在 2007 年启动了花园口引黄工程，实现了郑州市区北部东风渠、贾鲁河、贾鲁支河、索须河四河的连通。在 2010 年又初步完成郑州市生态水系工程，建设了“六横六纵三湖”的河网体系，同时郑州市还是南水北调中线工程的必经之路以及受水区。

4.2 数据来源及指标权重确定

本文的数据主要来自 2003 至 2011 年《郑州市水资源公报》《郑州市统计年鉴》以及《郑州市国民经济和社会发展统计公报》，部分主观性数据通过调查分析得出，对于少数缺失的数据采用内插和外延的方法确定。

根据前文描述的确定指标权重的方法和 2003 年至 2011 年的数据，确定了郑州市河湖水系连通指标权重和经济社会发展系统指标权重(表 2、表 3)。

4.3 计算结果及分析

对数据进行标准化处理之后，分别计算出 2003 年至 2011 年的历年 *IRSNI* (即 $f(x)$) 及 *SEDI* (即 $g(y)$)。代入匹配度公式(6)及协调度公式(9)，求出匹配度 M 和协调度 CD ，并对历年协调度进行等级评判，做出协调度的趋势线进行趋势分析，具体情况见图 1、表 4 和图 2。

从图 1 中可以看出，河湖水系连通系统综合指数 (*IRSNI*) 具有明显的逐年增长趋势，而经济社会发展系统综合指数 (*SEDI*) 则较为平稳。其原因如下：(1) 近年来郑州市经济一直保持着稳定的增长态势，经济社会发展水平良好；(2) 2007 年以来，郑州市先后进行了引黄补源工程，疏通挖掘、整治污染源等措施，完成了生态水系规划近期任务，水环境污染和水生态破坏趋势得到控制，初步形成了郑州市主要河道水系连通的态势。

表 2 河湖水系连通系统指标体系及指标权重

Table 2 The index system of interconnected river system network and index weight

目标层	准则层	准则层权重	指标层	方向	指标层权重		
					AHP	EVM	综合
河湖水系 连通指数 <i>IRSNI</i>	结构 x_1	0.189 7	河频率/(条·km ²)	正向	0.117 2	0.339 1	0.229 6
			河网密度/(km·km ²)	正向	0.268 4	0.330 5	0.300 3
			水系连通性	正向	0.614 4	0.330 4	0.470 1
	功能 x_2	0.547 2	城市地表供水量/亿 m ³	正向	0.569 5	0.481 6	0.525 8
			单位面积灌溉用水量/(m ³ ·h m ²)	逆向	0.333 1	0.518 4	0.424 2
			通航可到达率/(km·km ²)	正向	0.097 4	0.000 0	0.050 0
	环境 x_3	0.263 1	水体污染物 COD 浓度/(mg·L ⁻¹)	逆向	0.800 0	0.496 2	0.648 1
			水景观舒适度(百分制)	正向	0.200 0	0.503 8	0.351 9

表 3 经济社会发展系统指标体系及指标权重

Table 3 The index system of socioeconomic development and index weight

目标层	准则层	准则层权重	指标层	方向	指标层权重		
					AHP	EVM	综合
社会经济 发展指数 <i>SEDI</i>	经济 y_1	0.379 9	GDP/万元	正向	0.358 6	0.339 6	0.429 7
			GDP 增长率(%)	正向	0.517 1	0.323 9	0.342 0
			万元 GDP 用水量/m ³	逆向	0.124 3	0.336 5	0.228 3
	农业 y_2	0.068 2	人均有效灌溉面积/hm ²	正向	0.750 0	0.500 2	0.625 1
			人均农业产值/元	逆向	0.250 0	0.499 8	0.374 9
	人口 y_3	0.097 3	人口增长率(%)	正向	0.122 0	0.117 7	0.118 9
			人均生活用水量/m ³	逆向	0.319 6	0.117 7	0.338 8
			人口密度/(人·km ²)	正向	0.558 4	0.764 6	0.542 3
	工业 y_4	0.287 8	万元工业增加值用水量/m ³	逆向	0.666 7	0.512 2	0.591 1
			污水排放量/万 m ³	逆向	0.333 3	0.487 8	0.408 9
	三产 y_5	0.166 8	第三产业比重(%)	正向	0.333 3	0.498 4	0.414 2
			第三产业增长率(%)	正向	0.666 7	0.501 6	0.585 8

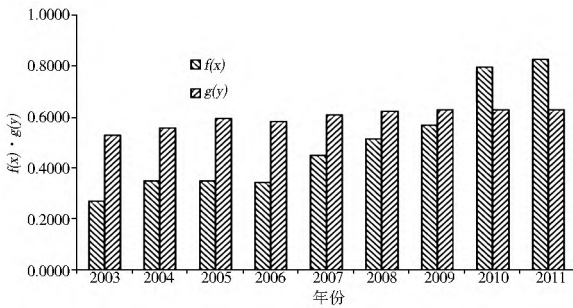


图 1 *IRSNI* 与 *SEDI* 历年变化情况

Fig. 1 Annual variations of *IRSNI* and *SEDI*

表 4 历年匹配度、综合评价指数、协调度以及协调等级

Table 4 The annual matching degree, composite evaluation index, coordination degree, and coordination level

年份	匹配度 M	综合评价指数 P	协调度 CD	等级
2003	0.533 4	0.372 1	0.445 5	濒临失调
2004	0.627 8	0.431 1	0.520 2	勉强协调
2005	0.562 3	0.447 4	0.501 6	勉强协调
2006	0.549 5	0.441 9	0.492 8	濒临失调
2007	0.712 4	0.511 8	0.603 9	初级协调
2008	0.806 3	0.555 1	0.669 0	初级协调
2009	0.894 7	0.591 4	0.727 4	中级协调
2010	0.698 0	0.726 7	0.712 2	中级协调
2011	0.642 0	0.745 4	0.691 8	初级协调

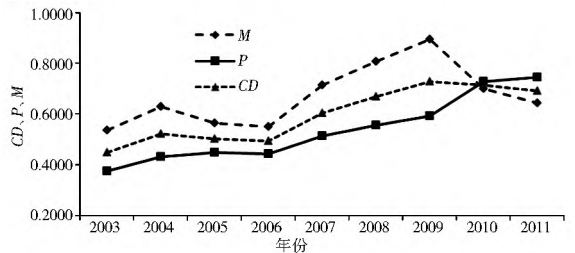


图 2 历年匹配度、综合评价指数及协调度

Fig. 2 Annual variations of matching degree, composite evaluation index, and coordination degree

图 2 显示,河湖水系连通与经济社会发展两大系统的匹配度逐年增加,但是在 2009 年之后匹配度下降;综合评价指数随年份逐渐增长;而两系统的协调度则呈现缓慢增长趋势。深入分析发现:在过去,为了促进经济增长和缓解城市供水压力而一味对地表水不合理的开发利用,造成河道功能退化和水环境遭到破坏,因此河湖水系连通系统与经济社会发展系统之间匹配度一直处于较低水平;近几年市政府投入大量人力、物力和财力,改善水生态环境,开展节水措施,调整产业结构,取得了不小的成绩,因此二者匹配度有逐年上升的趋势。2009 年后匹配度明显下滑的原因是:自 2010 年起由于生态水系规划工程的实施,河湖水系连通系统发展水平超过了经济社会发展水平,因此呈现出匹配度下降的现象。近些年来两大系统发展水平总体上皆有不同程度的增

加,所以综合评价指数为逐年递增,而协调度受匹配度和综合评价指数共同作用,亦呈现逐年增加的情况并最终稳定在初级协调和中级协调临界点附近。

作为南水北调中线工程的必经之地,工程主要受水区之一,当2014年年底南水北调工程完工通水之后,势必再次对郑州市水系网络格局带来巨大的影响,郑州市河湖水系连通促进经济社会发展的效果将更加突出,届时郑州市的经济社会发展、居民的生活水平、城市的生态环境都将呈现崭新的局面。

参考文献(References):

- [1] 孜比布拉·司马义,苏力叶·木沙江,帕夏古·阿不来提.阿克苏市城市化与生态环境综合水平协调度评析[J].地理研究,2011,30(3):496-504.(Zi bī bur la · Sī mǎ yì · Mǔ shā jiāng, Pà xiǎ gǔ · Ā bu lái tí. The Analysis of the Comprehensive Level Coordination Degree between the Urbanization and Eco-environment System in Aksu City [J]. Geographical Research, 2011, 30(3): 496-504. (in Chinese))
- [2] 乔标,方创琳.城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J].生态学报,2005,25(11):211-217.(QIAO Biao, FANG Chuang-lin. The Dynamic Coupling Model of the Harmonious Development between Urbanization and Eco-environment and Its Application in Arid Area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 211-217. (in Chinese))
- [3] 张京美,盖美,耿雅冬.辽宁省沿海经济带经济与环境协调度时空演变研究[J].资源开发与市场,2012,28(5):409-413.(ZHANG Jing-mei, GAI Mei, GENG Ya-dong. Spatial Evolution of Economic and Environmental Coordination Degree for Liaoning Coastal Economic Belt [J]. Resource Development & Market, 2012, 28(5): 409-413. (in Chinese))
- [4] 许君燕.城市化与土地资源利用的耦合协调机制研究[J].资源开发与市场,2010,26(10):929-933.(XU Jun-yan. Analysis of Coupling Coordination Mechanism between Urbanization and Land use [J]. Resource Development & Market, 2010, 26(10): 929-933. (in Chinese))
- [5] 刘浩,张毅,郑文升.城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价——以环渤海地区城市为例[J].地理研究,2011,30(10):1805-1817.(LIU Hao, ZHANG Yi, ZHENG Wen-sheng. Evaluation on Spatiotemporal Development and Interaction of Intensive Urban Land Use and Urbanization: Case Studies of the Cities in the Bohai Rim Region [J]. Geographical Research, 2011, 30(10): 1805-1817. (in Chinese))
- [6] 杨松茂,任燕.陕西旅游产业与区域经济耦合协调发展度研究[J].统计与信息论坛,2013,28(3):76-81.(YANG Song-mao, REN Yan. Study on the Coupling Coordinative Development Degree between Tourism Industry and Regional Economy of Shaanxi [J]. Statistics & Information Forum, 2013, 28(3): 76-81. (in Chinese))
- [7] 刘金栋,郑向敏,谢朝武.省域旅游产业与区域经济的耦合协调度研究[J].旅游论坛,2013,6(1):42-47.(LIU Jindong, ZHENG Xiang-min, XIE Chaowu. A Study on the Provincial Coupling Coordinative Degree between Tourism Industry and Regional Economy in China [J]. Journal of Guilin Institute of Tourism, 2013, 6(1): 42-47. (in Chinese))
- [8] 李晓静,王兆峰.张家界旅游流与交通耦合协调发展研究[J].资源开发与市场,2013,29(5):529-532.(LIU Xiaojing, WANG Zhaofeng. Research on Coupling Coordinated Development of Tourist Flow and Transport in Zhangjiajie City [J]. Journal of Guilin Institute of Tourism, 2013, 29(5): 529-532. (in Chinese))
- [9] 郭江江,戚巍,缪亚军.我国科技与经济社会发展协调度的测度研究[J].中国科技论坛,2012,(5):123-129.(GUO Jiangjiang, QI Wei, MIU Yajun. Evaluation of Coordinated Degree between Science & Technology and Economic & Social Development [J]. Forum on Science and Technology in China, 2012, (5): 123-129. (in Chinese))
- [10] 王艳明,许启发.我国区域间科技与经济协调程度的比较分析[J].科技进步与对策,2009,26(20):29-31.(WANG Yanming, XU Qifa. Comparison Analysis on the Coordination Degree between Science & Technology and Economy in Different Regions in China [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2009, 26(20): 29-31. (in Chinese))
- [11] 王滨,张发旺,陈立,等.黑龙港地区水土资源经济系统耦合协调评价研究[J].水土保持通报,2013,33(2):276-280.(WANG Bin, ZHANG Fawang, CHEN Li, et al. Evaluation of Coupling and Coordination Efficiency of Landwater Resource and Economic System in Heilonggang Area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33(2): 276-280. (in Chinese))
- [12] 李娜,孙才志,范斐.辽宁沿海经济带城市化与水资源耦合关系分析[J].地域研究与开发,2010,29(4):47-51.(LI Na, SUN Cai-zhi, FAN Fei. The Coupling Relation Analysis between Urbanization and Water Resources in Liaoning Coastal Economic Zone [J]. Areal Research and Development, 2010, 29(4): 47-51. (in Chinese))
- [13] 孙爱军,董增川,张小艳.中国城市经济与用水技术效率耦合协调度研究[J].资源科学,2008,30(3):446-453.(SUN Aijun, DONG Zengchuan, ZHANG Xiaoyan. Coupling Degree between Urban Economy and Technical Efficiency of Water Use in China [J]. Areal Research and Development, 2008, 30(3): 446-453. (in Chinese))
- [14] 孙才志,王雪妮,邹玮.基于WPLSE模型的中国水贫困测度及空间驱动类型分析[J].经济地理,2012,32(3):9-15.(SUN Cai-zhi, WANG Xue-ni, ZOU Wei. Measurement and Spatial Driving Type Analysis for Water Poverty in China Based on WPLSE Model [J]. Economic Geography, 2012, 32(3): 9-15. (in Chinese))
- [15] 王雪妮,孙才志,邹玮.中国水贫困与经济贫困空间耦合关系研究[J].中国软科学,2011,(12):180-192.(WANG Xue-ni, SUN Cai-zhi, ZOU Wei. Coupling Relation Analysis between Water Poverty and Economic Poverty in China [J]. China Soft Science, 2011, (12): 180-192. (in Chinese))
- [16] 崔国韬,左其亭,李宗礼,等.河湖水系连通功能及适应性分析[J].水电能源科学,2012,30(2):1-5.(CUI Guotao, ZUO Qiting, LI Zongli, et al. Analysis of Function and Adaptability for Interconnected River System Network [J]. Water Resources and Power, 2012, 30(2): 1-5. (in Chinese))

(下转第194页)

- (CHENG Ma r jin, SHEN Li gang, BU Feng hu, et al. Application of Polystyrene Insulation Board Used for Anti frost in Lir ing Channel [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2011, 30 (5): 22-27. (in Chinese)
- [3] 张彦武. 聚苯乙烯泡沫板在渠道防冻胀中的运用[J]. 甘肃水利水电技术, 2009, 45(1): 7-9. (ZHANG Yar wu. Application of XPS Insulating Board in anti frost-heave of canal [J]. Gansu Water Conservancy and Hydropower Technology, 2009, 45(1): 7-9. (in Chinese)
- [4] 胡亮, 余剑英, 李旺林, 等. 挤塑聚苯乙烯保温板在南水北调渠道工程中的应用研究[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(6): 207-210. (HU Liang, YU Jiar ying, LI Wang lin, et al. Application of XPS Insulating Board in the Channel of South to North Water Transfer Project [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(6): 207-210. (in Chinese)
- [5] 沈凤生. 南水北调中线一期总干渠明渠渠道工程设计有关问题的探讨[J]. 水利水电技术, 2009, 40(8): 95-98. (SHENG Feng sheng. Discussion on engineering design of open channel of general main canal for Phase I of Mid route of South to North Water Transfer Project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2009, 40(8): 95-98. (in Chinese)
- [6] GB/T 10294 2008/ISO 8302: 1991, 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定防护热板法[S]. (GB/T 10294 2008/ISO 8302: 1991, Thermal Insulation Determination of Steady state Thermal Resistance and Related Properties: Guarded Hot Plate Apparatus [S]. (in Chinese)
-
- (上接第120页)
- [17] 李宗礼, 郝秀平, 王中根, 等. 河湖水系连通分类体系探讨[J]. 自然资源学报, 2011, 26(11): 1975-1982. (LI Zong li, HAO Xiu ping, WANG Zhong gen, et al. Exploration on Classification of Interconnected River System Network [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(11): 1975-1982. (in Chinese)
- [18] 赵东喜, 刘永涓. 农村居民旅游消费影响因素研究[J]. 旅游论坛, 2010, 3(1): 23-27. (ZHAO Dong xi, LIU Yong juan. The Research of Dalian Industrial Heritage Tourism Development Under the Horizon of Cultural and Creative Industry [J]. Journal of Guilin Institute of Tourism, 2010, 3(1): 23-27. (in Chinese)
- [19] 李浩. 河湖水系连通战略的经济学思考[J]. 水利发展研究, 2012, 12(7): 34-37. (LI Hao. Economy Consideration of Interconnected River System Network Strategy [J]. Water Resources Development Research, 2012, 12(7): 34-37. (in Chinese)
- [20] 刘家学. 对指标属性有偏好信息的一种决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 19(2): 54-57. (LIU Jia xue. A Decision Making Method that Has Favouritism Information for the Index Attribute [J]. Systems Engineering Theory & Practice, 1998, 19(2): 54-57. (in Chinese)
- [21] 崔国韬, 左其亭. 河湖水系连通与最严格水资源管理的关 系[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(2): 129-132. (CUI Guo tao, ZUO Qi ting. Relationship between Interconnected River System Network and the Strictest Water Resources Management System [J]. South to North Water Diversion and Water Science & Technology, 2012, 10(2): 129-132. (in Chinese)
- [22] 徐慧, 杨姝君. 太湖平原圩区河网演变模式探析[J]. 水科学进展, 2013, 24(3): 366-371. (XU Hui, YANG Shu jun. Exploring the Evolution of River Networks in Plain Polders of Tai hu Lake Basin [J]. Advances in Water Science, 2013, 24(3): 366-371. (in Chinese)
- [23] 刘定惠, 杨永春. 安徽省旅游产业与区域经济耦合协调度分析[J]. 特区经济, 2011, (6): 188-190. (LIU Ding hui, YANG Yong chun. The Analysis of Coupling Coordinative Degree about Tourism Industry and Regional Economy in Anhui Province [J]. Special Zone Economy, 2011, (6): 188-190. (in Chinese)
- [24] 庞闻, 马耀峰, 杨敏. 城市旅游经济与生态环境系统耦合协调度比较研究——以上海、西安为例[J]. 统计与信息论坛, 2011, 26(12): 44-48. (PANG Wen, MA Yao feng, YANG Min. Comparison Analysis on Coupling Relationship and Coordinated Development of Tourism Economy and Ecological Environment System: A Case of Shanghai and Xi an City [J]. Statistics & Information Forum, 2011, 26(12): 44-48. (in Chinese)