

# 河南省水土资源与经济发展耦合效应及其时空分异

文倩, 孟天醒, 范慧平, 鄢雨旱

(河南农业大学 资源与环境学院, 郑州 450002)

**摘要:** 为了对河南省经济发展与水土资源承载力的耦合关系及时空分异进行分析, 采用信息熵权法, 压力—状态—响应相应框架和耦合协调度模型等方法对河南省 18 个地市 1999—2013 年的水土资源和经济发展状况进行了量化研究。结果表明: (1) 河南省经济发展速度高于水土资源承载阈值的生长, 水土资源与经济发展缺乏同步性; (2) 河南省水土资源与经济耦合协调程度总体为良好协调类型; 水土资源与经济发展对比关系主要为水土资源略微滞后型; (3) 河南省水土资源与经济发展耦合协调度的空间分布特征为豫东、豫南协调水平最高, 豫北次之、豫西最低。该研究不仅能够揭示二者的动态关系, 减小水土资源对经济增长的阻尼效应, 还能为河南省经济、社会与环境可持续发展提供理论和技术支撑。

**关键词:** 水土资源; 经济发展; 耦合度; 协调度; 河南省

**中图分类号:** F205; F127

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2017)03-0234-07

## Coupling Effect and Spatiotemporal Differentiation Between Water-Land Resource and Economic Development in He'nan Province

WEN Qian, MENG Tianxing, FAN Huiping, YUN Yuhan

(College of Resources and Environment, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to analyze coupling characteristics and spatiotemporal variation between economic development and the bearing of water-land resource in He'nan Province, entropy weight and coupling coordination degree model was used in quantitative research on water-land resources, Pressure—State—Response framework and economic development of 18 cities in He'nan Province from 1999 to 2013. The results showed that the speed of economic development in He'nan Province had exceeded the growth of water-land resource, which indicated that the variation between water-land resource and economic development were not synchronized; in general, coupling coordination degree of He'nan Province was at a good level, the correlation between water-land resource and economic development was a slight lag of water and land resources; the spatial distribution of coupling coordination level between water-land resource and economic development was that east and south He'nan covered the highest, followed by north He'nan, and west He'nan was the lowest one. The research results can not only reveal the dynamic relationship between the two, reduce damping effect of water-land resources for the economic growth, but also provide theoretical and technical support for economic, social and environmental sustainable development in He'nan Province.

**Keywords:** water-land resource; economic development; coupling degree; coordination degree; He'nan Province

水土资源既是生态经济系统中基础性、战略性和敏感性的因素<sup>[1]</sup>, 也是区域经济社会发展的支撑和保障条件<sup>[2]</sup>。作为最根本的自然资源, 经济发展能否与其水土资源禀赋相互耦合, 将直接影响区域经济社会的可持续性<sup>[3]</sup>。一方面经济发展对建设用地和水资源的需求量不断增加; 另一方面有限的水、土资源以及全球气候变化等因素也成为经济发展的潜在障碍<sup>[4-6]</sup>。因此, 如何合理利用水土资源、促进经济协调

发展、实现快速城镇化进程中的水土资源承载与经济增长的有效耦合已成为当前研究的热点之一<sup>[7]</sup>。众多学者对资源承载与经济发展之间的关系做了大量研究<sup>[6-8]</sup>, 研究方法也从早期单一的土地资源或水资源承载力指标与经济发展指标的耦合研究<sup>[9-11]</sup>, 转变为水土资源综合指标与经济发展指标的耦合<sup>[7-8, 12]</sup>。但现有研究主要集中在市、县级尺度, 在省域范围内的研究相对较少。河南作为我国人口大省、农业大省

和产粮大省,随着经济的快速增长和城镇化与工业化进程的加快,水土资源供需矛盾日益突出。研究表明,河南省经济与资源环境的关联效应不断降低,区域发展效率呈现下降趋势,过度耗费资源以获取经济增长的方式将危及到今后的可持续发展<sup>[13]</sup>。本文利用熵值赋权法和系统耦合理论,对河南省1999—2013年经济与水土资源的耦合协调程度进行评价,不仅能够揭示二者的动态关系,减小水土资源对经济增长的阻尼效应,还能为河南省经济、社会与环境可持续发展提供理论和技术支撑。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

河南省地处北纬31°23′—36°22′,东经110°21′—116°39′,土地面积16.7万km<sup>2</sup>,其中耕地面积8.14万km<sup>2</sup>。地势西高东低,平原和盆地、山地、丘陵分别占总面积的55.7%,26.6%,17.7%。属暖温带—亚热带、湿润—半湿润季风气候;年平均降水量500~900mm,50%集中在夏季。全年无霜期180~240d。2014年末常住人口9436万人,其中农业人口5171万人;2015年城镇化率46.6%。现辖郑州、开封、洛阳、平顶山等18个省辖市以及10个省直管县市。2015年GDP为37010.25亿元,第一产业增加值4209.56亿元,第二产业增加值18189.36亿元,第三产业增加值14611.33亿元。

### 1.2 数据来源及图件制作

本文所有数据来源于《河南统计年鉴》(1999—2013年)。利用ArcGIS 10.0软件采用自然断裂法对耦合协调度指标进行分级<sup>[10]</sup>,得到水土资源与经济发展耦合协调度空间分布图。

## 2 研究方法

### 2.1 功效函数

为消除各指标间数量单位的差异,采用无差标准化法对原始数据进行标准化处理,建立经济发展与水土资源的功效函数。具体计算公式如下:

$$\mu_{ij} = (\chi_{ij} - \beta_{ij}) / (\alpha_{ij} - \beta_{ij}) \quad \mu_{ij} \text{ 具有正功效}$$

$$\mu_{ij} = (\alpha_{ij} - \chi_{ij}) / (\alpha_{ij} - \beta_{ij}) \quad \mu_{ij} \text{ 具有负功效} \quad (1)$$

式中: $\mu_{ij}$ 为变量 $\chi_{ij}$ 对系统的功效贡献大小,设变量 $\chi_i$ ( $i=1,2,\dots,m$ )是经济发展表示水土资源系统序参量; $\mu_{ij}$ 为第 $i$ 个序参量的第 $j$ 个指标,其值为 $\chi_{ij}$ (1,2, $\dots,n$ ); $\alpha_{ij}$ , $\beta_{ij}$ 为系统稳定临界点上序参量相应指标的上、下限值。

### 2.2 耦合度与耦合协调度模型

借鉴物理学中容量耦合概念以及容量耦合系数

模型,采用耦合度评价经济发展与水土资源两个系统的耦合关联程度,耦合度反映了系统的一致性。

$$C = m \left\{ \frac{(\mu_1 \times \mu_2 \times \dots \times \mu_m)}{(\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_m)^n} \right\}^{1/m}$$

$$(n=1,2,3,\dots,m) \quad (2)$$

式中: $\mu_1$ 为水土资源系统综合评价指数; $\mu_2$ 为经济发展系统综合评价指数; $C$ 为耦合度, $C \in [0,1]$ ,当 $C$ 接近1时,耦合度最大,系统间或系统内部要素之间达到良性共振耦合,系统趋向新的有序结构,当 $C$ 接近0时,耦合度极小,系统之间或系统内部要素之间处于无关状态,系统将向无序发展。耦合度分界值多根据数据分析结果的特征并结合实际确定<sup>[3,14]</sup>,根据本文结果及河南省实际情况,确定当 $C \in [0,0.3)$ ,为低耦合;当 $C \in [0.3,0.8)$ ,为一般耦合;当 $C \in [0.8,1)$ ,为高度耦合。

因单纯依靠耦合度判别容易产生误差,出现结论偏离实际的情况,故采用耦合协调度模型评价水土资源与经济系统间的协调发展水平,用来判断二者交互耦合的协调程度。

$$D = (C \times T)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: $D$ 为水土资源与经济系统的耦合协调度; $C$ 为耦合度; $T$ 为协调度,其中 $T = a\mu_1 + b\mu_2$ , $a$ , $b$ 为待定系数,由于水土资源与经济发展两个系统同等重要,因此取 $a=b=0.5$ 。

### 2.3 协调发展分类体系

为揭示以上水土资源和经济发展两个系统的协调发展程度,参考相关研究<sup>[7,15]</sup>,按照协调度的大小,对系统进行耦合协调发展程度类型划分。将河南省水土资源与经济发展耦合协调度分为协调类、过渡类与失调衰退类3个大类10个亚类,具体划分详见表1。再根据水土资源系统综合评价指数( $\mu_{资源}$ )与经济发展系统综合评价指数( $\mu_{经济}$ )的对比关系,将其分为水土资源滞后型、经济滞后型、水土资源与经济平衡型3个大类7个亚类(表2)。

表1 资源与经济耦合评价分类体系及划分标准

协调程度	协调度	耦合协调类型
协调类	0.91~1.00	极度协调类
	0.81~0.90	优质协调类
	0.71~0.80	良好协调类
过渡类	0.61~0.70	中级协调类
	0.51~0.60	初级协调类
	0.41~0.50	勉强协调类
	0.31~0.40	濒临失调衰退类
失调衰退类	0.21~0.30	轻度失调衰退类
	0.11~0.20	中度失调衰退类
	0.01~0.10	严重失调衰退类

表 2 水土资源与经济增长综合值对比关系类型

$\mu_{资源}$ 和 $\mu_{经济}$ 对比关系	对比类型	$\mu_{资源}$ 和 $\mu_{经济}$ 比值	比值类型
$\mu_{资源} < \mu_{经济}$	水土资源滞后型	$\mu_{资源} / \mu_{经济} \geq 0.6$	水土资源略微滞后型(I)
		$0.4 \leq \mu_{资源} / \mu_{经济} < 0.6$	水土资源轻微受损型(II)
		$0 < \mu_{资源} / \mu_{经济} \leq 0.4$	水土资源明显受损型(III)
$\mu_{资源} > \mu_{经济}$	经济滞后型	$\mu_{经济} / \mu_{资源} > 0.6$	经济略微滞后型(IV)
		$0.4 < \mu_{经济} / \mu_{资源} \leq 0.6$	经济轻微滞后型(V)
		$0 < \mu_{经济} / \mu_{资源} \leq 0.4$	经济明显滞后型(VI)
$\mu_{资源} = \mu_{经济}$	水土资源与经济平衡型	$\mu_{资源} / \mu_{经济} = 1$	经济环境同步型(VII)

## 2.4 评价指标体系构建与权重计算

在兼顾代表性、基础性与可获得性的基础上,水土资源承载系统指标通过“压力—状态—响应”(PSR)框架选取,经济发展系统指标通过“总体—结构—效率”框架选

取<sup>[15]</sup>;为避免人为主观赋权偏差,采用熵权法确定指标权重<sup>[16]</sup>(表 3)。除人均日生活用水量、市区人口密度、城市建成区面积、城市污水排放量与城镇居民人均恩格尔系数等指标为负功效外,其余指标均表现为正功效。

表 3 资源与经济发展耦合评价指标体系及权重

系统	指标类型(权重)	指标名称(单位)	指标特征与性质	权重	
水土资源承载系统	压力指标 (0.561)	全年供水总量( $10^4 \text{ m}^3$ )	水资源总体水平(+)	0.103	
		人均日生活用水量(L)	区域水资源消耗状况(-)	0.078	
		市区人口密度(人/ $\text{km}^2$ )	地区人口压力(-)	0.078	
		城市建成区面积( $\text{hm}^2$ )	城市用地扩张(-)	0.104	
		城市污水排放量( $10^4 \text{ m}^3$ )	水污染状况(-)	0.103	
		人均耕地面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )	人均耕地资源状况(+)	0.095	
	状态指标 (0.216)	农田有效灌溉面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )	耕地资源抗旱能力(+)	0.067	
		耕地面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )	地区耕地资源总量(+)	0.061	
		建成区绿化覆盖率(%)	地区环境绿化状况(+)	0.087	
		响应指标 (0.223)	单位面积粮食产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	地区粮食供给水平(+)	0.083
			城市污水处理率(%)	水污染治理水平(+)	0.067
			农田有效灌溉率(%)	耕地资源的水资源保证水平(+)	0.073
经济发展系统	总体指标 (0.257)	生产总值( $10^8$ 元)	地区经济发展总体水平(+)	0.107	
		人均地区生产总值( $10^8$ 元)	人民生活水平(+)	0.085	
		人均公共财政预算收入(元)	地区财政收入水平(+)	0.065	
	结构指标 (0.392)	第二产业产值比重(%)	第二产业发展状况(+)	0.120	
		第三产业产值比重(%)	第三产业发展状况(+)	0.117	
		城镇居民人均恩格尔系数(%)	人民消费结构(-)	0.155	
	效益指标 (0.351)	规模以上工业增加值( $10^8$ 元)	工业发展状况(+)	0.078	
		第三产业增长率(%)	第三产业增长状况(+)	0.140	
		GDP 增长率(%)	地区经济发展水平(+)	0.133	

## 3 结果与分析

### 3.1 水土资源系统与经济发展系统综合评价指数

通过计算得出河南省水土资源承载综合评价指数( $\mu_{资源}$ )(表 4)和经济发展综合评价指数( $\mu_{经济}$ )(表 5)。可以看出,1999—2013 年河南省  $\mu_{经济}$  总体高于  $\mu_{资源}$ ,表明经济系统的发展速度要快于水土资源承载容量的增加速度。研究期内,各省辖市水土资源承载系统与经济发展系统总体都表现出发展与增强趋势,特别是洛阳、郑州、安阳、信阳四个城市的  $\mu_{资源}$  以及洛阳、安阳、新乡三个城市的  $\mu_{经济}$  增加最为显著,均在 20%以上。

依据多年平均综合评价指数,可将河南省水土资源系统分为 3 个层次:其中周口、驻马店、许昌、信阳、商丘等城市  $\mu_{资源} > 0.28$ ,水土资源承载力水平相对较

高;焦作、濮阳、开封、安阳、南阳及新乡居中;其余城市的  $\mu_{资源} < 0.24$ ,水土资源承载容量较小,特别是郑州、洛阳和三门峡这 3 个城市的  $\mu_{资源}$  处于全省最低水平,其水土资源系统面临较大的压力与风险。就  $\mu_{经济}$  而言,河南省发展处于领先的是周口、驻马店、信阳、南阳、许昌、鹤壁、三门峡、洛阳、济源、商丘和新乡则处于中等水平;安阳、平顶山、焦作、漯河及郑州市的  $\mu_{经济} < 0.32$ ,总体水平全省最低。从多年平均综合评价指数可以看出, $\mu_{资源}$  高的城市其经济发展速度也相对较快,反映了河南省的经济增长类型仍以资源消耗为主。郑州市其  $\mu_{资源}$  和  $\mu_{经济}$  在全省都处于较低水平,表明其急需改善生态环境质量、转变经济增长方式,通过合理的城市规划、避免人口过度集中,使经济与环境健康、协调发展。

表4 1999—2013年河南省水土资源承载综合评价指数

地区	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	平均
郑州	0.161	0.144	0.180	0.178	0.194	0.211	0.163	0.168	0.192	0.175	0.167	0.179	0.174	0.201	0.207	0.180
开封	0.252	0.220	0.262	0.205	0.257	0.183	0.210	0.215	0.228	0.239	0.260	0.272	0.263	0.284	0.248	0.240
洛阳	0.132	0.147	0.150	0.194	0.163	0.149	0.162	0.155	0.152	0.177	0.169	0.222	0.189	0.211	0.213	0.172
平顶山	0.234	0.198	0.235	0.234	0.240	0.174	0.213	0.174	0.221	0.203	0.245	0.255	0.259	0.268	0.256	0.227
安阳	0.215	0.197	0.225	0.195	0.216	0.222	0.255	0.263	0.279	0.273	0.271	0.273	0.279	0.275	0.273	0.247
鹤壁	0.222	0.201	0.242	0.195	0.203	0.216	0.197	0.238	0.252	0.244	0.221	0.222	0.264	0.257	0.239	0.227
新乡	0.244	0.252	0.274	0.215	0.277	0.244	0.263	0.254	0.277	0.268	0.261	0.259	0.262	0.258	0.285	0.260
焦作	0.285	0.259	0.277	0.237	0.249	0.239	0.290	0.302	0.280	0.256	0.256	0.279	0.276	0.287	0.279	0.270
濮阳	0.289	0.269	0.291	0.251	0.287	0.279	0.287	0.279	0.241	0.241	0.236	0.253	0.280	0.273	0.269	0.268
许昌	0.283	0.270	0.283	0.247	0.270	0.294	0.315	0.292	0.299	0.288	0.287	0.285	0.292	0.296	0.296	0.287
漯河	0.220	0.191	0.202	0.182	0.234	0.186	0.193	0.207	0.201	0.214	0.216	0.191	0.225	0.227	0.249	0.209
三门峡	0.160	0.159	0.176	0.286	0.203	0.141	0.157	0.162	0.209	0.198	0.195	0.225	0.197	0.193	0.170	0.189
南阳	0.258	0.306	0.296	0.245	0.228	0.237	0.246	0.254	0.272	0.266	0.243	0.239	0.242	0.246	0.279	0.257
商丘	0.286	0.279	0.299	0.201	0.207	0.234	0.261	0.245	0.302	0.288	0.304	0.337	0.302	0.321	0.332	0.280
信阳	0.257	0.280	0.264	0.310	0.243	0.241	0.261	0.273	0.277	0.309	0.300	0.294	0.309	0.314	0.323	0.284
周口	0.304	0.312	0.293	0.273	0.303	0.303	0.296	0.334	0.365	0.353	0.327	0.336	0.318	0.327	0.311	0.317
驻马店	0.279	0.295	0.247	0.271	0.242	0.263	0.279	0.277	0.291	0.276	0.311	0.303	0.328	0.337	0.337	0.289
济源	0.191	0.184	0.210	0.174	0.217	0.200	0.207	0.174	0.221	0.212	0.219	0.199	0.211	0.206	0.208	0.202

表5 1999—2013年河南省经济发展综合评价值

地区	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	平均
郑州	0.174	0.139	0.175	0.205	0.219	0.254	0.128	0.147	0.171	0.125	0.116	0.130	0.121	0.164	0.171	0.163
开封	0.353	0.320	0.336	0.327	0.385	0.229	0.302	0.298	0.332	0.338	0.339	0.356	0.362	0.372	0.361	0.334
洛阳	0.168	0.181	0.195	0.265	0.194	0.173	0.208	0.195	0.153	0.227	0.220	0.326	0.256	0.275	0.278	0.221
平顶山	0.308	0.298	0.292	0.318	0.327	0.182	0.279	0.203	0.273	0.241	0.326	0.343	0.341	0.356	0.355	0.296
安阳	0.242	0.218	0.246	0.264	0.262	0.258	0.322	0.341	0.355	0.336	0.336	0.334	0.329	0.325	0.318	0.299
鹤壁	0.344	0.339	0.364	0.360	0.308	0.345	0.2500	0.328	0.341	0.323	0.299	0.280	0.364	0.352	0.342	0.329
新乡	0.308	0.298	0.333	0.313	0.367	0.299	0.343	0.297	0.351	0.320	0.311	0.302	0.306	0.295	0.360	0.320
焦作	0.372	0.351	0.344	0.349	0.297	0.305	0.346	0.391	0.342	0.314	0.305	0.323	0.322	0.336	0.338	0.336
濮阳	0.374	0.359	0.367	0.377	0.395	0.362	0.351	0.327	0.341	0.320	0.309	0.359	0.366	0.354	0.349	0.354
许昌	0.348	0.340	0.343	0.353	0.350	0.392	0.407	0.389	0.400	0.389	0.374	0.362	0.364	0.378	0.381	0.371
漯河	0.283	0.253	0.237	0.271	0.324	0.296	0.271	0.298	0.298	0.293	0.303	0.223	0.296	0.286	0.288	0.281
三门峡	0.342	0.346	0.360	0.432	0.375	0.244	0.270	0.331	0.335	0.318	0.296	0.365	0.308	0.305	0.275	0.327
南阳	0.397	0.440	0.433	0.384	0.336	0.313	0.359	0.387	0.413	0.405	0.395	0.357	0.402	0.399	0.394	0.388
商丘	0.417	0.377	0.413	0.304	0.259	0.288	0.319	0.289	0.376	0.335	0.338	0.408	0.326	0.397	0.411	0.350
信阳	0.395	0.384	0.384	0.462	0.325	0.314	0.359	0.395	0.401	0.412	0.408	0.393	0.422	0.418	0.414	0.392
周口	0.425	0.412	0.383	0.427	0.464	0.418	0.399	0.461	0.503	0.480	0.455	0.465	0.434	0.421	0.420	0.438
驻马店	0.404	0.386	0.342	0.402	0.349	0.335	0.374	0.381	0.392	0.353	0.435	0.395	0.443	0.459	0.465	0.394
济源	0.287	0.295	0.308	0.299	0.353	0.357	0.328	0.275	0.345	0.327	0.342	0.306	0.321	0.309	0.303	0.317

### 3.2 河南省水土资源承载与经济发展耦合度及协调度时空变化

从耦合度看出(表6),1999—2013年河南省各市水土资源系统与经济系统耦合程度差异不明显,各城市资源和经济系统的耦合度都比较高,耦合度随时间略有下降。

协调度分析表明,河南省各市协调程度均为协调类型(表7),绝大多数城市属于良好协调类型(0.71~0.80),商丘、南阳、驻马店、周口是河南省水土资源与经济发展协调度最好的城市,为优质协调(0.80~0.89)。研究期内河南省各城市协调度均略有上升,1999年河南省协调度处在0.70~0.80,2013年协调

度水平处在0.721~0.820。三门峡市协调度始终全省最低并且波动剧烈;与其多山、少水、少土的资源条件及经济发展过度依赖自然资源有关。

由于耦合协调度分布在0.71~0.82,为便于比较故以0.70为起始值,0.82为结束值,0.02为间隔划分图例等级(图1)。可以看出,河南省协调度时空分异变化明显,从时间上看,大部分城市协调水平均有所提升。从空间上看,1999年河南省协调度最高的区域集中在豫东地区,其次是豫南地区,豫西的耦合协调度水平最低;2013年河南省豫东和豫南的协调水平最高,豫北次之,豫西最低。

表 6 1999—2013 年河南省水土资源与经济发展耦合度

地区	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	平均
郑州	0.999	1.000	1.000	0.997	0.998	0.996	0.993	0.998	0.986	0.983	0.987	0.984	0.995	0.996	0.994
开封	0.986	0.983	0.992	0.974	0.980	0.994	0.984	0.987	0.985	0.991	0.991	0.988	0.991	0.982	0.986
洛阳	0.993	0.995	0.991	0.988	0.996	0.997	0.992	0.993	0.993	0.991	0.982	0.989	0.991	0.991	0.992
平顶山	0.991	0.979	0.994	0.988	0.988	1.000	0.991	0.997	0.996	0.990	0.989	0.991	0.990	0.987	0.991
安阳	0.998	0.999	0.999	0.989	0.995	0.997	0.993	0.992	0.995	0.994	0.995	0.997	0.997	0.997	0.995
鹤壁	0.976	0.967	0.980	0.954	0.979	0.973	0.993	0.987	0.990	0.989	0.993	0.987	0.988	0.984	0.982
新乡	0.993	0.996	0.995	0.983	0.990	0.995	0.991	0.997	0.996	0.996	0.997	0.997	0.998	0.993	0.994
焦作	0.991	0.989	0.994	0.981	0.996	0.993	0.996	0.992	0.995	0.996	0.997	0.997	0.997	0.995	0.994
濮阳	0.992	0.990	0.993	0.980	0.987	0.992	0.995	0.997	0.990	0.991	0.985	0.991	0.992	0.992	0.990
许昌	0.995	0.993	0.995	0.985	0.992	0.990	0.992	0.990	0.989	0.991	0.993	0.994	0.993	0.992	0.991
漯河	0.992	0.990	0.997	0.981	0.987	0.974	0.986	0.984	0.988	0.986	0.997	0.991	0.993	0.997	0.988
三门峡	0.932	0.928	0.940	0.979	0.955	0.963	0.964	0.939	0.973	0.978	0.971	0.976	0.974	0.972	0.961
南阳	0.977	0.984	0.982	0.975	0.981	0.991	0.982	0.978	0.978	0.972	0.980	0.969	0.972	0.985	0.979
商丘	0.983	0.989	0.987	0.979	0.994	0.995	0.995	0.997	0.997	0.999	0.996	0.999	0.994	0.994	0.993
信阳	0.977	0.988	0.983	0.980	0.990	0.991	0.987	0.983	0.990	0.988	0.989	0.988	0.990	0.992	0.987
周口	0.986	0.991	0.991	0.975	0.978	0.987	0.989	0.987	0.988	0.987	0.987	0.988	0.992	0.989	0.987
驻马店	0.983	0.991	0.987	0.981	0.983	0.993	0.989	0.987	0.993	0.986	0.991	0.989	0.988	0.987	0.988
济源	0.980	0.973	0.982	0.964	0.971	0.959	0.974	0.974	0.977	0.976	0.977	0.978	0.980	0.982	0.975

表 7 1999—2013 年河南省水土资源与经济发展耦合协调度

地区	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	平均
郑州	0.761	0.756	0.768	0.766	0.771	0.775	0.757	0.763	0.771	0.756	0.752	0.759	0.754	0.771	0.774
开封	0.781	0.769	0.789	0.758	0.779	0.765	0.766	0.770	0.772	0.777	0.787	0.791	0.786	0.795	0.777
洛阳	0.748	0.754	0.752	0.764	0.760	0.756	0.757	0.755	0.759	0.762	0.758	0.769	0.763	0.772	0.772
平顶山	0.779	0.759	0.782	0.777	0.779	0.766	0.773	0.764	0.777	0.773	0.782	0.785	0.787	0.789	0.783
安阳	0.778	0.773	0.782	0.765	0.777	0.780	0.787	0.789	0.795	0.794	0.793	0.794	0.797	0.796	0.796
鹤壁	0.765	0.751	0.774	0.740	0.760	0.761	0.769	0.778	0.783	0.782	0.773	0.777	0.786	0.784	0.775
新乡	0.784	0.789	0.795	0.767	0.792	0.785	0.788	0.790	0.794	0.794	0.791	0.792	0.792	0.791	0.797
焦作	0.796	0.785	0.795	0.773	0.787	0.782	0.800	0.801	0.796	0.789	0.790	0.798	0.796	0.800	0.796
濮阳	0.797	0.789	0.798	0.777	0.793	0.794	0.799	0.798	0.777	0.781	0.780	0.781	0.793	0.792	0.791
许昌	0.797	0.792	0.798	0.779	0.791	0.797	0.805	0.797	0.798	0.795	0.796	0.797	0.799	0.800	0.799
漯河	0.775	0.765	0.773	0.755	0.776	0.751	0.762	0.765	0.761	0.770	0.770	0.770	0.776	0.779	0.788
三门峡	0.713	0.710	0.724	0.787	0.743	0.729	0.735	0.719	0.758	0.755	0.758	0.762	0.756	0.754	0.745
南阳	0.777	0.797	0.792	0.772	0.770	0.780	0.777	0.776	0.782	0.780	0.768	0.773	0.766	0.769	0.789
商丘	0.790	0.792	0.797	0.760	0.772	0.782	0.790	0.787	0.802	0.800	0.806	0.814	0.806	0.809	0.812
信阳	0.777	0.791	0.783	0.795	0.781	0.782	0.785	0.786	0.787	0.802	0.798	0.797	0.801	0.803	0.808
周口	0.797	0.803	0.798	0.780	0.791	0.798	0.797	0.807	0.817	0.814	0.805	0.808	0.803	0.809	0.802
驻马店	0.788	0.798	0.780	0.784	0.776	0.790	0.792	0.790	0.795	0.794	0.800	0.801	0.807	0.809	0.808
济源	0.758	0.750	0.765	0.741	0.760	0.746	0.758	0.748	0.764	0.762	0.763	0.758	0.763	0.762	0.765

### 3.3 河南省水土资源与经济系统对比关系

依据  $\mu_{\text{资源}}$  与  $\mu_{\text{经济}}$  的对比关系,河南省水土资源与经济发展对比类型可分为水土资源略微滞后型、水土资源轻微受损型与经济略微滞后型 3 种(表 8)。其中,绝大多数城市的  $\mu_{\text{资源}} < \mu_{\text{经济}}$ ,属于水土资源滞后型,即河南省水土资源承载与经济发展不同步。说明河南省水土资源承载阈值小于经济发展阈值,水资源和土地资源已在经济发展过程中被过度消耗,经济发展所需容量已超过区域水土资源承载力;大部分地区经济发展速度超过了水土资源承载力的提高,资源面

临过度开发威胁,将为整个经济的可持续发展留下隐患。应在经济发展过程中,将更多投入用在水土资源承载容量的维护和提升方面;避免只发展经济,而造成环境破坏和资源过度利用。

研究期内,绝大多数城市对比关系没有发生变化,仅郑州出现了较显著的改变。由水土资源滞后型转变为经济滞后型,说明郑州市经济发展系统相对滞后于水土资源承载系统,应依据区域水土资源承载容量,在保护环境前提下,合理有序开发区域资源。

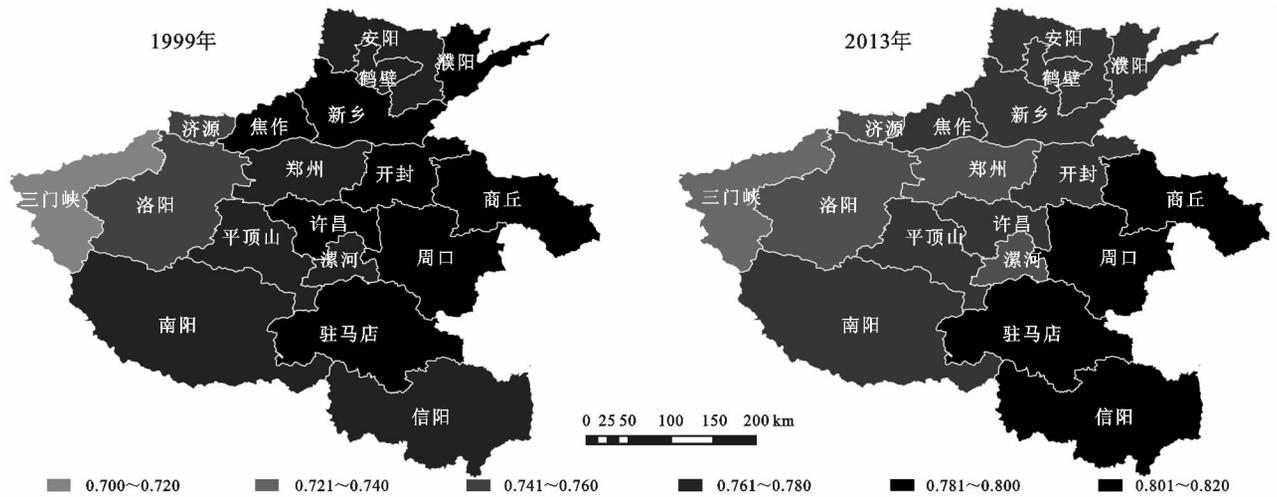


图 1 河南省水土资源与经济发展耦合协调度不同年份空间变化

表 8 1999—2013 年河南省水土资源( $\mu_{资源}$ )与经济发展( $\mu_{经济}$ )对比关系

地区	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
郑州	I	IV	IV	I	I	I	IV								
开封	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
洛阳	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
平顶山	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
安阳	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
鹤壁	I	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
新乡	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
焦作	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
濮阳	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
许昌	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
漯河	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
三门峡	II	II	II	I	II	II	II	II	I	I	I	I	I	I	I
南阳	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
商丘	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
信阳	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
周口	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
驻马店	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
济源	I	I	I	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

与全国或其他经济发达省份相比,河南是一个农业大省,产业层次较低、经济结构不合理、重数量扩张而轻质量提高。主要表现在第一产业比重偏高、第三产业发展严重滞后,工业增长主要依靠资源初步开发与利用、高技术含量和高附加值的产业比重较低,同时第二产业占国民收入的比重不高<sup>[17-18]</sup>。随经济发展河南省第三产业占国民收入水平虽有所提升,但横向比较与全国平均水平仍有差距,因此产业结构、城乡结构不合理已成为经济发展最突出的矛盾,加快转变经济增长方式尤为迫切<sup>[19]</sup>。产业结构作为联系人类经济活动与生态环境之间的一条重要纽带<sup>[20-21]</sup>,不仅是一个“资源配置器”,更是环境资源的消耗和污染

物产生的种类和数量的“控制体”<sup>[22]</sup>。区域产业的发展及其组合类型、强度的变化在显著促进区域社会经济繁荣的同时,也对生态环境产生重要影响<sup>[23]</sup>。

由于河南省产业结构生态环境影响属于“较重”级别<sup>[24]</sup>,工业“三废”排放量仍处于上升期<sup>[25]</sup>,人均工业废水排放量、人均工业废气排放量和人均工业固体废弃物产生量等指标的上升速度也远高于同期河南省的 GDP 增长率<sup>[26]</sup>;环境恶化已成为制约河南经济发展的一个重大障碍<sup>[27]</sup>。此外,人口压力过大、人均耕地面积不足仍然是影响河南土地生态安全的重要因素<sup>[19]</sup>;随着河南省城市化进程的推进,庞大的农业人口的转移与安置,将会使耕地不断转变为建设用地,加之河南省耕地后备资源严重不足,将使原本紧张存在的水土资源与经济发展的矛盾更为紧张。但随着经济水平的提高,自然资源的利用水平也会相应

提高<sup>[8]</sup>。因此,为实现可持续发展,河南省必须根据水土资源实际状况调整经济发展战略与方向,依据不同地域的生态环境特点,优化产业空间布局;大力发展循环经济和第三产业,推动产业结构升级和技术进步,加快农业产业化步伐,调整土地利用结构,促进土地节约集约利用,使经济、资源相互协调发展。

#### 4.2 结论

研究表明河南省经济系统发展速度高于水土资源承载阈值的生长,水土资源与经济发展缺乏同步性。水土资源承载阈值较高的城市其经济发展速度也相对较快,说明河南省经济增长对水土资源有较强的依赖性,经济增长方式比较粗放。

河南省各城市水土资源与经济发展耦合度都大于0.8,协调度都大于0.7,耦合协调程度总体为良好协调类型。耦合协调度高的区域主要分布在豫东和豫南,豫西和豫北耦合协调度较低,水土资源与经济发展对比关系主要为水土资源略微滞后型。表明近年来河南省快速的经济增长给环境带来了沉重代价,水土资源对经济进一步发展的制约日益突出。与刘跃军<sup>[28]</sup>以及刘蕾<sup>[19]</sup>等研究结论相似,即河南省经济与环境并未很好协调发展<sup>[28]</sup>;土地生态安全仍处于临界安全水平<sup>[19]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 周浩,雷国平,张博,等. 1990—2013年挠力河流域耕地变化下水土资源平衡效应分析[J]. 农业工程学报, 2015,31(1):272-280.
- [2] 杨艳昭,张伟科,封志明,等. 土地利用变化的水土资源平衡效应研究[J]. 自然资源学报, 2013,28(3):437-449.
- [3] 董雯,杨宇,张豫芳. 绿洲城镇发展与水土资源开发的耦合效应及其时空分异[J]. 资源科学, 2013,35(7):1355-1362.
- [4] Shahbaz M, Sbia R, Hamdi H, et al. Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates[J]. Ecological Indicators, 2014,45:622-631.
- [5] Li Y, Li Y, Zhou Y, et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment[J]. Journal of Environmental Management, 2012,98:127-133.
- [6] 段玉芳,刘耀彬,杨新梅,等. 中部地区经济增长中的水土资源“增长尾效”对比研究[J]. 资源科学, 2011,33(9):1781-1787.
- [7] 吕添贵,吴次芳,游和远. 鄱阳湖生态经济区水土资源与经济发展耦合分析及优化路径[J]. 中国土地科学, 2013,27(9):3-10.
- [8] 张卡,曲本亮,盖美. 区域经济发展与水土资源的耦合协调研究:以辽宁省为例[J]. 资源开发与市场, 2015,31(3):316-320.
- [9] 张晓涛,于法稳. 黄河流域经济发展与水资源匹配状况

- 分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012,22(10):1-6.
- [10] 李德一,张树文. 黑龙江省水资源与社会经济发展协调度评价[J]. 干旱区资源与环境, 2010,24(4):8-11.
- [11] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005,20(1):105-112.
- [12] 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.
- [13] 乔家君,李小建. 河南省可持续发展指标体系构建及应用实例[J]. 河南大学学报:自然科学版, 2005,35(3):44-48.
- [14] 郭施宏,王富喜. 山东省城市化与城市土地集约利用耦合协调关系研究[J]. 水土保持研究, 2012,19(6):163-167.
- [15] 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]. 广州环境科学, 1996,11(1):12-16.
- [15] 杨丽花,佟连军. 吉林省松花江流域经济发展与水环境质量的动态耦合及空间格局[J]. 应用生态学报, 2013,24(2):503-510.
- [16] 赵磊,刘洪彬,于国锋,等. 基于熵权法土地资源可持续利用综合评价研究[J]. 资源与产业, 2012,14(4):63-69.
- [17] 李兵. 产业结构对经济增长的实证分析—以河南省为例[J]. 农村经济与科技, 2015,26(1):11-14.
- [18] 卢方元,曹治星. 河南省产业结构对经济增长贡献的实证分析[J]. 统计与决策, 2007(23):129-131.
- [19] 刘蕾,姜灵彦,高军侠. 基于P—S—R模型的土地生态安全物元评价:以河南省为例[J]. 地域研究与开发, 2011,30(4):117-121.
- [20] 崔凤军. 本溪产业结构的环境生态评价[J]. 城市环境与城市生态, 1995,8(2):31-36.
- [21] 崔凤军,杨永慎. 产业结构对城市生态环境的影响评价[J]. 中国环境科学, 1998,18(2):166-169.
- [22] 周景博. 北京市产业结构现状及其对环境的影响分析[J]. 统计研究, 1999(8):40-44.
- [23] 赵雪雁. 甘肃省产业转型及其生态环境效应研究[J]. 地域研究与开发, 2007,26(2):102-106.
- [24] 邵慧,刘明华,杨酥,等. 河南省产业结构演化及其生态环境效应分析[J]. 环境科学与管理, 2012,37(2):157-161.
- [25] 谷蕾,马建华,王广华. 河南省1985—2006年环境库兹涅茨曲线特征分析[J]. 地域研究与开发, 2008,27(4):113-116.
- [26] 许丽忆,陈燕武,王晨旭. 产业结构,生态环境与经济增长的长期均衡关系研究:以河南省为例[J]. 生产力研究, 2013(8):9-11.
- [27] 张荣艳. 河南省“三废”排放的库兹涅茨曲线特征及其成因的灰色关联度分析[J]. 数学的实践与认识, 2013,43(19):68-75.
- [28] 刘跃军,李素莹. 经济发展与环境质量关系实证研究:以河南省18个省辖市为例[J]. 中原工学院学报, 2012,23(5):28-32.