

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2020.02.004

河南省城镇化与水资源耦合协调发展状况

焦士兴¹, 王安周², 李青云¹, 尹义星³, 李中轩⁴, 赵荣钦⁵, 张建伟¹

(1. 安阳师范学院资源环境与旅游学院, 河南 安阳 455002; 2. 洛阳市第十九中学, 河南 洛阳 471000;
3. 南京信息工程大学水文气象学院, 江苏 南京 210044; 4. 许昌学院城乡规划与园林学院, 河南 许昌 461000;
5. 华北水利水电大学测绘与地理信息学院, 河南 郑州 450046)

摘要:在构建城镇化与水资源系统评价指标体系的基础上,运用层次分析法以及耦合协调度模型,对河南省城镇化与水资源系统的协调发展状况进行研究。结果表明:河南省城镇化发展质量不断提高,水资源系统不断优化;河南省城镇化与水资源利用的耦合协调度整体较低,但呈现良好发展态势,由极度失调向弱度耦合协调转变;河南省各市耦合协调等级均有不同程度提高,且存在地区差异,不间断从失调状态转化为耦合协调状态,且等级不断提升;中度、高度耦合主要集中在豫中、豫北,弱度、低度耦合则集中在豫南、豫西和豫东。

关键词:城镇化;水资源系统;层次分析法;评价指标体系;耦合协调度;河南省

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2020)02-0021-06

Study on coupling and coordinated development of urbanization and water resources in Henan Province // JIAO Shixing¹, WANG Anzhou², LI Qingyun¹, YIN Yixing³, LI Zhongxuan⁴, ZHAO Rongqin⁵, ZHANG Jianwei¹
(1. Department of Resources & Environment and Tourism, Anyang Normal University, Anyang 455002, China; 2. Luoyang No. 19 Middle School, Luoyang 471000, China; 3. College of Hydrometeorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 4. School of Urban-rural Planning and Architecture, Xuchang University, Xuchang 461000, China; 5. School of Surveying and Geo-informatics, North China University of Water Resource and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: On the basis of constructing the evaluation index system of urbanization and water resources system, this paper studies the coordinated development of urbanization and water resources system in Henan Province by using the analytic hierarchy process and coupling coordination model. The results show that the quality of urbanization development in Henan Province has been continuously improved, and the water resources system has been continuously optimized. The coupling coordination degree of urbanization and water resources utilization in Henan Province is generally low, but it shows a good development trend, from extreme imbalance to weak coupling coordination. The coupling coordination level in all cities of Henan Province has been improved in varying degrees, and there are regional differences, constantly changing from maladjustment to coupling and coordination, and the level continuously improved. The moderate and high coupling mainly concentrated in the middle and north of Henan Province, while the weak and low coupling mainly concentrated in the south, west and east of Henan Province.

Key words: urbanization; water resources system; analytic hierarchy process; evaluation index system; coupling coordination degree; Henan Province

水资源是支撑区域经济社会发展的重要物质基础。当前以城镇化为特征的经济社会快速发展,对水资源的压力日益增大,城镇化与水资源系统的耦合协调已成为当前研究的热点^[1]。研究城镇化与

水资源系统的协调关系,有利于城镇化质量型发展和水资源利用方式的不断优化^[2]。国外研究主要集中于城镇化发展对水资源的需求与影响、水资源对城镇化的支撑与限制、水资源重复利用与水污染

基金项目:国家自然科学基金(41501136);河南省高等学校重点科研项目(19A170001);河南省大学生创新创业训练计划(S201910479025);安阳师范学院大学生创新基金(ASCX/2019-Z118);安阳师范学院科研培育基金(AYNUKP-2017-B18)

作者简介:焦士兴(1970—),男,教授,博士,主要研究方向为水资源和水环境。E-mail:jiaoshixing@163.com

防治等方面^[3]。Meinzen-Dick 等^[4]认为城镇化发展将加剧供水压力,水资源对城镇规模扩张具有制约作用;Jeffrey 等^[5]提出了城市水资源持续利用的合理化建议;Patricia 等^[6]研究了水资源系统对城镇化发展的支撑能力;Biswas 等^[7]认为城镇化的无序发展带来了水环境恶化和严重的供水问题。国内研究相对较晚,主要集中在水资源对城镇化发展的限制、如何提高水资源利用效率等方面。李珊珊等^[3]通过研究北京市城镇化系统与水资源系统的动态耦合,认为水资源系统波动程度比城镇化系统大;梁红军等^[8-10]认为水资源对城镇化的发展具有约束力并进行了类型划分;此外还研究了城镇化水平提升会导致用水总量增加^[11-12],但也能够提高水资源利用效率^[13-14],同时开展了水贫困与城市化的协调研究^[15]。

目前有关城镇化系统与水资源系统的耦合关系研究较多,但多是侧重区域整体,且仅仅是分析水资源对城镇化发展的约束或是城镇化对水资源的影响。实际上开展小区域的研究更能反映城镇化发展与水资源利用的协调关系,并且城镇化质量的提高与水资源系统改善之间存在着双向作用^[16-17]。因此,建立河南省城镇化与水资源系统的评价指标体系,可以定量评价河南省城镇化与水资源系统的耦合协调发展状况、发展趋势以及空间分异,以期为河南省城镇化水平提升和水资源持续利用提供借鉴。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

数据包括人口、GDP、医疗机构床位数、城市绿地面积、普通高等学校在校学生、建成区面积、道路面积、城镇供水总量、产水系数、年降水量、万元 GDP 耗水量、万元工业增加值用水量。其中,人口、GDP、医疗机构床位数、城市绿地面积、普通高等学校在校学生、建成区面积、道路面积 7 个数据来源于《河南省统计年鉴》(2006—2018 年)和河南省国民经济与社会发展统计公报及各市统计年鉴(2006—2018 年);城镇供水总量、产水系数、年降水量、万元 GDP 耗水量、万元工业增加值用水量 5 个数据来源于《河南省水资源公报》(2005—2017 年)或依据有关数据整理获得。

1.2 指标构建

在遵循系统性、层次性、科学性和可操作性等原则基础上,构建了城镇化和水资源两个系统的三级指标体系。其中,城镇化综合发展水平包括人口城镇化、经济城镇化、社会城镇化和空间城镇化 4 个二级指标和城镇人口数等 10 个三级指标;水资源综合

利用水平包括资源禀赋条件、开发管理状况、资源利用效率和水污染防治 4 个二级指标和城镇供水总量等 9 个三级指标(表 1、表 2)。

表 1 城镇化系统指标体系及权重

Table 1 Index system and weight of urbanization system

城镇化综合发展水平	人口城镇化	城镇人口数(0.055)
		城镇人口比总人口(0.052)
	经济城镇化	人均 GDP(0.055)
		第三产业占 GDP 比例(0.052)
社会城镇化	医疗机构床位数(0.060)	
	城市绿地面积(0.053)	
	普通高等学校在校学生(0.048)	
空间城镇化	城市道路面积(0.052)	
	建成区面积(0.053)	
		建成区绿地覆盖面积(0.052)

表 2 水资源系统指标体系及权重

Table 2 Index system and weight of water resources system

水资源综合利用水平	资源禀赋条件	产水系数(0.051)
		年降水量(0.054)
	开发管理状况	用水总量(0.047)
		城镇供水总量(0.042)
资源利用效率	人均用水量(0.048)	
	万元 GDP 耗水量(0.051)	
	水资源利用消耗率(0.053)	
水污染防治	万元工业增加值用水量(0.055)	
		废水排放总量(0.067)

1.3 耦合协调度模型

1.3.1 数据标准化预处理

极差标准化法具有消除各指标间数值单位差异的特点,分别采用正向标准化和负向标准化对指标层进行处理^[18]。具体计算公式为

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min j}}{x_{\max j} - x_{\min j}} \quad (\text{正向指标}) \quad (1)$$

$$Z_{ij} = \frac{x_{\max j} - x_{ij}}{x_{\max j} - x_{\min j}} \quad (\text{负向指标}) \quad (2)$$

式中: Z_{ij} 为标准化后的指标值,其大小分布在 $[0, 1]$; x_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的初始观测值; $x_{\max j}$ 、 $x_{\min j}$ 分别是历年来 j 指标的最大值和最小值。

1.3.2 均方差赋权重

根据各指标的标准化值,计算得到各指标权重^[3]。计算公式为

$$E(X_j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \quad (3)$$

$$\sigma(X_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z_{ij} - E(X_j)]^2} \quad (4)$$

$$W_j = \sigma(X_i) / \sum_{i=1}^n \sigma(X_i) \quad (5)$$

式中: $E(X_j)$ 、 $\sigma(X_i)$ 、 W_j 分别为 x_{ij} 标准化后的均值、标准差和指标权重; X_i 为第 i 年的指标; X_j 为第 j 个指标; N 为指标数量。

1.3.3 综合评价指数计算

根据系统具体指标的标准化值和权重,加权求

和计算综合评价指数^[19]：

$$f(x) = \sum_{i=1}^p W_i X'_i \quad (6)$$

$$g(y) = \sum_{j=1}^d W_j Y'_j \quad (7)$$

式中： $f(x)$ 和 $g(y)$ 分别为城镇化和水资源系统的综合评价指数； W_i 和 W_j 为各指标的权重； X'_i 和 Y'_j 分别为城镇化和水资源三级指标的标准化值； p 和 d 为各系统指标数量。

1.3.4 模型的建立

根据各指标综合评价值，计算出城镇化和水资源系统的耦合度、协调指数和耦合协调度：

$$O = \left[\frac{Z_1 Z_2 Z_3 \cdots Z_n}{(Z_i + Z_j)^n} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

$$I = aZ_1 + bZ_2 \quad (9)$$

$$C = \sqrt{OI} \quad (10)$$

式中： O 为耦合度； I 为协调指数； C 为各子系统耦合协调度； Z_n 为各子系统的综合评价值； Z_i 、 Z_j 分别为各子系统标准化值的平均值； Z_1 、 Z_2 分别为城镇化和水资源的综合评价值； a 、 b 分别为待定系数，假设城镇化与水资源系统同等重要，则 $a = b = 0.5$ ^[8]。

耦合度反映了城镇化与水资源系统相互作用程度；耦合协调度是对耦合协调关系的深入探讨，反映两系统动态演化过程；而协调指数指的是两系统相互联系的程度。根据不同耦合度可分为无序发展期、低水平耦合期、拮抗时期、磨合时期、高水平耦合期，对应的耦合度值分别为 0 、 $(0, 0.3]$ 、 $(0.3, 0.5]$ 、 $(0.5, 0.8]$ 、 $(0.8, 1.0]$ 。根据不同耦合协调度可分为优质耦合协调、高度耦合协调、中度耦合协调、低度耦合协调、弱度耦合协调、弱度失调、低度失调、中度失调、严重失调、极度失调，对应的耦合协调度值分别为 $(0.9, 1.0]$ 、 $(0.8, 0.9]$ 、 $(0.7, 0.8]$ 、 $(0.6, 0.7]$ 、 $(0.5, 0.6]$ 、 $(0.4, 0.5]$ 、 $(0.3, 0.4]$ 、 $(0.2, 0.3]$ 、 $(0.1, 0.2]$ 、 $[0, 0.1]$ ^[8, 19-22]。

2 评价结果分析

2.1 综合评价指数动态分析

利用河南省相关统计数据计算 2005—2017 年河南省城镇化系统综合评价指数与水资源系统综合评价指数，结果见图 1。

a. 河南省水资源系统综合评价指数呈波动增加趋势，表明水资源系统不断优化。2005—2017 年水资源系统综合评价指数由 0.157 增至 0.308，年均增长 0.012，表明水资源利用方式不断优化，水资源综合利用水平不断提高。2006 年是“十一五”规划开局之年，经济发展势头较好，水资源综合利用水

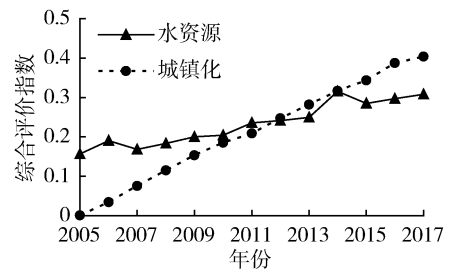


图 1 2005—2017 年河南省城镇化与水资源综合评价指数
Fig.1 Comprehensive evaluation index of urbanization and water resources in Henan Province from 2005 to 2017

平较高；2007 年则转化为常态化经济发展阶段，水资源综合利用水平有所下降，废水排放量有所增加；2007—2012 年水资源系统逐渐适应城镇化系统发展，水资源利用方式逐渐改善；2013—2015 年，水资源综合评价指数呈现波动变化特点，主要原因是资源禀赋中降水量出现了波动，即 2013、2014、2015 年降水量分别为 576、954、704 mm，2014 年降水量达到峰值，故水资源系统综合评价指数也达到了峰值。

b. 河南省城镇化系统综合评价指数呈直线上升趋势，城镇化发展水平稳步提升。2005—2017 年城镇化系统综合评价指数由 0.002 持续增长至 0.404，年均增长 0.031，表明河南省城镇化发展水平不断提高。随着“十一五”计划的贯彻执行，河南省社会经济不断发展，城镇化水平不断提高，城镇化发展质量不断优化。在城镇化发展的同时，加强了对水资源管理，水资源利用水平不断提高，利用方式不断优化，而水资源利用方式优化保障了城镇化发展对供水需求。从整体来看，河南省城镇化和水资源综合评价指数均呈现良好发展趋势，但城镇化比水资源系统发展迅速，且到 2012 年后城镇化系统的综合评价指数高于水资源系统。

2.2 耦合度、协调指数及耦合协调度分析

运用层次分析法，结合河南省城镇化和水资源系统统计数据，计算 2005—2017 年河南省协调指数、耦合度及耦合协调度见图 2。

a. 河南省城镇化与水资源系统的协调指数和耦合度总体呈波动上升趋势，耦合度类型实现了由无序发展期向磨合时期转变，耦合度由 2005 年的 0 上升到 2017 年的 0.560，年均上升 0.05。其中 2005—2012 年耦合度增长较快（2010 年除外），年均上升 0.126，该时段城镇化与水资源利用水平都有较快发展，两者同步增长，2012 年耦合度达到最大值为 0.884；2012—2017 年的耦合度波动下降明显，表明该时期河南省城镇化进程快速推进，但水资源利用水平增长缓慢，由于水资源和城镇化均呈增长态势但发展速度的差异持续扩大，因此两者耦合

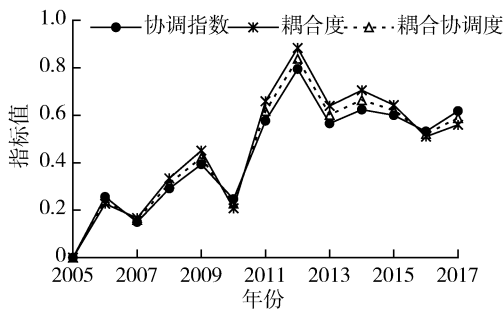


图2 2005—2017年河南省城镇化与水资源协调指数、耦合度及耦合协调度

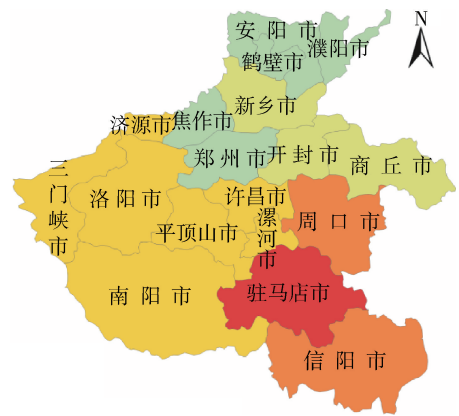
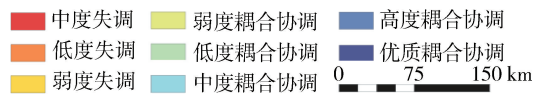
Fig. 2 Coordination index, coupling degree and coupling coordination degree of urbanization and water resources in Henan Province from 2005 to 2017

度不断下降。2005—2010年水资源和城镇化系统的耦合度类型处于低水平耦合和拮抗时期,2011—2017年则转变为磨合时期,表明两者耦合度不断提高,且耦合等级不断提升。2005—2017年协调指数和耦合度相关性达到0.984,因此两者变化趋势相同。

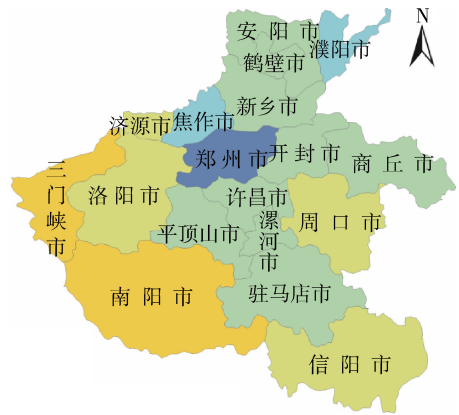
b. 河南省城镇化与水资源系统耦合协调度呈波动上升趋势,从2005年的极度失调向2017年的弱度耦合协调转变,但整体水平偏低。2005—2017年河南省城镇化与水资源系统的耦合协调度由0增至0.588,呈现上升趋势,表明城镇化发展与水资源利用水平同步提高且关联度逐步增强,城镇化发展促进了水资源利用水平提高,而水资源利用水平提高又加快了城镇化进程。其中2005—2010年属于失调类型,耦合协调度等级较低,2010年为最低值,归因于2009年的经济危机冲击造成城镇化发展速度减缓,以及用水方式粗放导致用水量增加,该时期两者耦合协调度持续下降;2010—2012年耦合协调度由0.227持续升至0.838,增长明显,2012年河南省以中原经济区的发展为契机,在降低高耗能企业比例的同时,促进了产业转型升级^[23],用水效率不断提高,至2012年二者的耦合协调度达到最高值;2012—2017年耦合协调度波动下降,耦合等级由低度耦合协调降为弱度耦合协调,表明城镇化和水资源系统发展速度存在较大差异,水资源系统的利用水平较低且滞后于城镇化。

2.3 耦合协调的时空差异分析

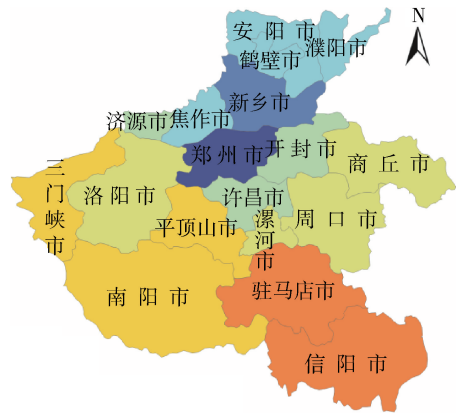
2006年是“十一五”规划开局之年,而2012年则是我国进入经济新常态起始之年。因此,以2006年、2012年为分界点,运用解剖法、数学方法和对比法,对比分析各市耦合协调度,并进行类型划分,从而探讨河南省城镇化与水资源系统耦合协调的空间差异(图3)。



(a) 2006年



(b) 2012年



(c) 2017年

图3 不同年份河南省各市城镇化与水资源耦合协调度的空间差异

Fig. 3 Spatial differences of coupling coordination degree between urbanization and water resources in different cities of Henan Province in different years

a. 2006—2012年河南省各市耦合协调等级均有不同程度提高。从协调类型看,2012年高度耦合协调分布在豫中的郑州市;中度耦合协调分布在豫北的焦作和濮阳;低度耦合协调分布豫北(新乡、安阳、鹤壁)、豫中(漯河、许昌)、豫西(平顶山)、豫南(驻马店)、豫东(开封、商丘)等9市;弱度失调和弱

度耦合协调分布在豫西(洛阳、三门峡)、豫南(信阳、南阳)、豫东(周口)、豫北(济源)等6市。从动态变化看,郑州、濮阳、焦作等3市均由低度耦合协调转变而来;新乡、开封、许昌、商丘等4市由弱度耦合协调提升为低度耦合协调;漯河、平顶山、济源、洛阳等4市由弱度失调提升而来;信阳和周口由低度失调转化为弱度耦合协调;安阳、鹤壁、三门峡和南阳等4市城市等级保持不变;驻马店则由中度失调提升为低度耦合协调,城市等级提升较快。2017年优质耦合协调分布在豫中的郑州市;高度耦合分布在豫北(新乡、焦作、濮阳)等3市;中度耦合协调分布在豫北(安阳、鹤壁)等2市;低度耦合协调分布在豫东(开封)、豫北(济源)、豫中(许昌)等3市;弱度耦合协调分布在豫西(洛阳)、豫东(商丘、周口)、豫中(漯河)等4市;弱度和中度失调分布在豫西(平顶山、三门峡)、豫南(南阳、信阳、驻马店)等5市。从动态变化看,各市耦合协调等级变化明显,郑州由高度耦合转变而来;焦作、濮阳由中度耦合协调提升而来;新乡、安阳、鹤壁等3市由低度耦合提升而来;济源由弱度耦合协调提升而来;开封、许昌、洛阳、三门峡、南阳等5市城市耦合协调等级没有变化。商丘、漯河、周口、平顶山、信阳、驻马店等6市则分别由低度、弱度耦合协调下降而来,该类城市多属于传统农业区,城市化发展缓慢,工业化水平较低且废水排放量大,农业耗水量大且用水粗放,因此两者耦合协调程度低且发展不稳定。

b. 河南省各市城镇化与水资源系统的耦合协调在2006、2012、2017年呈现波动上升趋势,呈现良好的发展趋势。这3年各市耦合协调度均有不同程度的增长,但提升速度不同,其中郑州、周口、驻马店、信阳、济源和漯河等6市年均增速超过5%;洛阳、三门峡、鹤壁、安阳等4市增速小于2%;南阳则呈现负增长。2012年到2017年,新乡、郑州、济源、焦作、濮阳等5市年均增速超过2%,表明该类城市发展较稳定;南阳、商丘、周口、漯河、平顶山、信阳、驻马店等7市年均增速呈现负增长,表明这些城市发展不稳定。2006、2012、2017年河南省各地市耦合协调等级具有不同程度提升,低度耦合协调以上城市主要分布在豫中、豫北地区;而弱度协调类型以下城市分布在豫西、豫南、豫东地区且城市数量不断减少。

3 结论与建议

a. 河南省城镇化综合评价指数、水资源综合评价指数均呈现上升趋势,河南省城镇化不断发展、水资源综合利用水平不断提高但整体水平较低。河南

省要加强水资源管理,建设节水型城市;加强水污染防治,不断改善水环境;加强技术创新,提高用水效率等。

b. 河南省城镇化与水资源系统协调指数和耦合度总体呈波动上升趋势,耦合协调类型实现了由极度失调向弱度耦合协调转变,但2012年以来呈现下降趋势。河南省要加强区域联系,促进城乡统筹发展;推进新型城镇化建设,促使其向内涵型转变;加强低碳城市建设,合理开发水资源等,促进城镇化与水资源系统同步发展,实现两者耦合协调发展。

c. 从时间上来看,河南省各市耦合协调等级均有不同程度提高,不间断从失调状态转化为耦合协调状态,且耦合协调等级不断提升。从空间差异来看,中度、高度耦合主要相对集中在豫中、豫北,弱度、低度耦合则集中在豫南、豫西和豫东。河南省要坚持绿色发展、生态优先战略;调整产业结构,优化配置水资源;加强工程建设,保障用水安全;加强区域合作,提升城市发展质量等,实现城镇化发展和水资源利用协调共生发展^[24]。

参考文献:

- [1] 何孝沛,梁阁,丁志伟,等. 河南省城镇化质量空间格局演变[J]. 地理科学进展,2015,34(2):257-264. (HE Xiaopei, LIANG Ge, DING Zhiwei, et al. Spatial evolution pattern of urbanization quality in Henan province [J]. Progress in Geographic Science, 2015, 34(2): 257-264. (in Chinese))
- [2] 张焱. 河南省水资源开发利用存在问题与节水措施[J]. 河南水利与南水北调,2016(7):50-51. (ZHANG Yan. Problems and water saving measures in water resources development and utilization in Henan province [J]. Henan Water Conservancy and South-to-North Water Transfer, 2016(7): 50-51. (in Chinese))
- [3] 李珊珊,马海良,侯雅如. 北京市城镇化与水资源系统的动态耦合分析[J]. 人民长江,2018,49(1):60-64,74. (LI Shanshan, MA Hailiang, HOU Yaru. Dynamic coupling analysis of urbanization and water resources system in Beijing [J]. Yangtze River, 2018, 49(1): 60-64, 74. (in Chinese))
- [4] MEINZEN-DICK R, APPASAMY P P. Urbanization and intersectoral competition for water [J]. Urbanization and Water, 2002, 32(6): 27-51.
- [5] JEFFREY K H, KONSTANTINE P G. Quantifying the urban water supply impacts of climate change [J]. Water Resources Management, 2008, 22(10): 1477-1497.
- [6] GOBER P. Desert urbanization and the challenges of water sustainability [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2010, 2(3): 144-150.
- [7] BISWAS A K. The global water crisis-water for a thirsty

- urban world[J]. Brown Journal of World Affairs, 2010, 17 (1): 147-166.
- [8] 梁红军, 刘芳. 新疆兵团城镇化发展与水资源利用: 耦合协调测度与障碍分析[J]. 新疆财经, 2019 (1): 46-53, 71. (LIANG Hongjun, LIU Fang. Urbanization development and water resources utilization of Xinjiang Corps: coupled coordination measurement and obstacles analysis[J]. Finance & Economics of Xinjiang, 2019(1): 46-53, 71. (in Chinese))
- [9] 赵亚莉. 长三角地区城市建设用地扩展的水资源约束[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(5): 123-128. (ZHAO Yali. Water resources constraint on urban construction land expansion in the Yangtze River Delta [J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(5): 123-128. (in Chinese))
- [10] 许英明. 水安全理念约束下的城镇化转型路径探讨[J]. 工业技术经济, 2013, 32(4): 121-124. (XU Yingming. Research on the path of the urbanization based on the water security idea [J]. Industrial Technology & Economy, 2013, 32(4): 121-124. (in Chinese))
- [11] 杨开宇. 运用系统动力学分析我国城镇化对水资源供需平衡的影响[J]. 财政研究, 2013(6): 10-13. (YANG Kaiyu. Using system dynamics to analyze the impact of urbanization on the balance of water supply and demand [J]. Public Fiscal Research, 2013(6): 10-13. (in Chinese))
- [12] 马海良, 徐佳, 王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 334-341. (MA Hailiang, XU Jia, WANG Pucha. Water resources utilization and China urbanization [J]. Resources Science, 2014, 36(2): 334-341. (in Chinese))
- [13] 张晓晓, 董锁成, 李泽红, 等. 宁夏城镇化与水资源利用关系分析[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(6): 696-699. (ZHANG Xiaoxiao, DONG Suocheng, LI Zehong, et al. Relationship between urbanization and water resources utilization in Ningxia [J]. Resource Development and Market, 2015, 31(6): 696-699. (in Chinese))
- [14] 马远. 干旱区城镇化进程对水资源利用效率影响的实证研究: 基于 DEA 模型与 IPAT 模型[J]. 技术经济, 2016, 35(4): 85-90. (MA Yuan. Empirical study on impact of urbanization on utilization efficiency of water resource in arid areas: based on DEA model and IPAT model [J]. Technology Economy, 2016, 35(4): 85-90. (in Chinese))
- [15] 黄德春, 孙敏敏. 新疆水贫困与城市化的协调关系研究[J]. 水资源保护, 2017, 33(1): 30-34. (HUANG Dechun, SUN Minmin. Study of coordination between water poverty and urbanization in Xinjiang [J]. Water Resources Protection, 2017, 33(1): 30-34. (in Chinese))
- [16] 尹风雨, 龚波, 王颖. 水资源环境与城镇化发展耦合机制研究[J]. 求索, 2016(1): 84-88. (YIN Fengyu, GONG Bo, WANG Ying. Study on coupling mechanism of water resources environment and urbanization development [J]. Seeker, 2016(1): 84-88. (in Chinese))
- [17] 张胜武, 石培基, 王祖静. 干旱区内陆河流域城镇化与水资源环境系统耦合分析: 以石羊河流域为例[J]. 经济地理, 2012, 32(8): 142-148. (ZHANG Shengwu, SHI Peiji, WANG Zujing. Analysis coupling between urbanization and water resources and environment of inland river basin in arid region: a case study of Shiyang River Basin [J]. Economic Geography, 2012, 32(8): 142-148 (in Chinese))
- [18] 毛慧慧, 王勇, 董琳. 海河流域水利与经济社会协调发展定量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(10): 44-47. (MAO Huihui, WANG Yong, DONG Lin. The quantitative evaluation of coordinated development between water conservancy and economic society in Haihe River Basin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(10): 44-47. (in Chinese))
- [19] 蒋元勇, 章茹, 丰锴斌. 南昌城市化与水资源环境交互耦合作用关系分析[J]. 人民长江, 2014, 45(14): 17-21. (JIANG Yuanyong, ZHANG Ru, FENG Kaibin. Analysis on coupling interaction between urbanization of Nanchang City and water resources environment [J]. Yangtze River, 2014, 45(14): 17-21. (in Chinese))
- [20] 张荣天, 焦华富. 泛长江三角洲地区经济发展与生态环境耦合协调关系分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(5): 719-727. (ZHANG Rongtian, JIAO Huafu. Coupling and coordination between economic development and ecological environment in the Pan-Yangtze River Delta [J]. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2015, 24(5): 719-727. (in Chinese))
- [21] 喻笑勇, 张利平, 陈心池, 等. 湖北省水资源与社会经济耦合协调发展分析[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(4): 809-817. (YU Xiaoyong, ZHANG Liping, CHEN Xinchu, et al. Analysis of coupling and coordinated development between water resources and social economy in Hubei Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2018, 27(4): 809-817. (in Chinese))
- [22] 马海良, 李珊珊, 侯雅如. 河北省城镇化与水资源系统的耦合协调及预测[J]. 水利经济, 2017, 35(3): 37-41. (MA Hailiang, LI Shanshan, HOU Yaru. Coupling coordination and forecast of urbanization and water resource system in Hebei Province [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2017, 35(3): 37-41. (in Chinese))
- [23] 张占仓, 丁同民, 张富禄, 等. 河南工业发展报告(2016) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2010.
- [24] 唐克旺. 对“人与自然共生”理念的理解[J]. 水资源保护, 2019, 35(1): 25-26. (TANG Kewang. Understanding of concept of “coexistence of man and nature” [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(1): 25-26. (in Chinese))

(收稿日期: 2019-05-27 编辑: 王 芳)