

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20170424

· 持续农业 ·

干旱区水资源与区域经济协调发展 时空特征研究^{*}

——以河西走廊为例

杜俊平¹, 陈年来², 叶得明³

(1. 河套学院经济管理学系, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 兰州 730070;
3. 甘肃农业大学经济管理学院, 兰州 730070)

摘要 [目的] 对水资源和区域经济协调发展进行深入研究, 能为制定区域发展和水资源合理利用的决策提供科学的参考依据。[方法] 基于协同理论对水资源与区域经济协调发展的内在相互作用分析的基础上, 构建了水资源、区域经济系统综合评价指标体系。利用模糊评价法测算了两者的综合水平, 对河西走廊地区 2003~2013 年两者的协调发展进行考察和测评。[结果] 河西走廊地区水资源与区域经济协调发展经历了低度失调、勉强协调、初级协调、中级协调等 4 个阶段, 呈上升态势; 该区域的区域系统综合水平从 2003 年的 0.051 增加到 2013 年的 0.943, 呈现稳定的上升态势, 对两者协调发展的促进作用明显, 然而水资源综合水平仅在 0.403~0.650 之间波动, 总体水平较低, 水资源对两者协调发展的支撑作用十分有限; 水资源与区域经济综合水平没有明显的线性关系, 表现出非同步性; 从空间特征来看, 该区域内各市之间水资源与区域经济协调发展地区差异十分明显。[结论] 河西走廊地区总体上水资源与区域经济的协调度高于协调发展度, 协调发展度呈现出从低度失调到中级协调的上升态势, 但协调发展度总体水平偏低。

关键词 干旱区 河西走廊 水资源 区域经济 协调发展

中图分类号: F323.213; F327 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2017]04161-09

0 引言

水是人类赖以生产生活的自然资源, 是经济发展与社会进步的基础资源, 也是维系生态系统的重要因素^[1-2]。随着人类社会的不断进步和经济的快速发展, 对水资源的消耗不断增加, 水资源短缺趋势日益明显, 故水资源和经济发展之间关系的研究成为学界热点。在我国西北的干旱区, 水资源瓶颈尤其突出, 经济社会可持续发展受到极大胁迫。因此, 对水资源和区域经济协调发展进行深入研究, 能为制定区域发展和水资源合理利用的决策提供科学的参考依据。

1 文献回顾

对于水资源和经济发展之间关系的研究主要集中在 2 个方面, 一是水资源消耗与经济增长关系的探讨, 二是水资源系统与经济系统的耦合关系。水资源消耗与经济增长关系的研究文献主要可以归纳为以下四类: 第一, 采用 VAR 模型对两者的长期均衡与短期互动关系进行研究^[3-6]。第二, 对库兹涅茨曲线的验证。ROCK 分析认为美国人均用水量、人均耗水量和人均收入之间存在倒“U”型关系^[7]。李强, 刘渝, 张兵兵等验证了中国人均用水量, 工业用水量, 农业用水量与经济增长的倒 U 型曲线的存在性。第三,

收稿日期: 2016-07-21

作者简介: 杜俊平 (1976—), 男, 山西运城人, 硕士、讲师。研究方向: 农村经济、区域经济。Email: 827245796@qq.com

^{*} 资助项目: 教育部人文社会科学基金项目“西部干旱区农业灌溉水价改革、农民承受能力及间接补偿机制研究”(15XJC790001)

水资源对经济增长约束效应研究^[8-10]。邓峰等认为新疆的水资源尾效呈逐年增加趋势,均值为 1.26%^[11]。谢书玲分析了中国经济增长中资源耗费“尾效”,发现水资源对中国经济增长影响的“尾效”为 0.001 397。水资源与土地资源引起的“增长尾效”为 0.014 548。换言之,由于水土资源的耗损,中国经济增长的速度每年要降低 1.45%,是美国水土资源“增长尾效”的 6 倍^[12]。第四,是关于经济增长与水资源消耗的脱钩分析。汪奎等首次将脱钩分析引入到水资源利用与经济增长研究中^[13]。潘安娥构建脱钩模型分析了湖北省水资源利用与经济协调发展关系^[14],姬卿伟等分析认为乌鲁木齐 2006~2012 年经历了强脱钩—扩张性负脱钩—弱脱钩—强脱钩等发展阶段^[15]。

关于水资源和经济发展的耦合关系分析,采取定性分析两者耦合关系的文献有李长健等分析水资源可持续发展与区域经济发展之间的互促关系以及其发展过程中的阻碍因素,进一步提出法制层面、管理层面及社会层面的具体对策^[16]。定量评价的文献较多,杜湘红基于灰色理论建立模型分析洞庭湖生态区水资源系统和经济系统耦合发展情况。并对 2014~2023 年两者耦合状况进行预测证实经济发展对水资源环境呈现越来越显著的胁迫效应^[17]。杜湘红构建灰色关联度模型对洞庭湖流域 24 县市水资源、经济系统耦合度及动态耦合过程进行仿真测度^[18]。王莉芳等计算了陕西省农业水资源可持续利用与经济协调发展度,表明两者经历了濒临失调—勉强协调—初级协调—中级协调—良好协调等发展阶段^[19]。关伟采用模糊隶属度描述辽宁区域水资源可持续利用与经济社会协调发展的关系,结果表明:目前辽宁水资源系统可持续发展水平相对较低,尚有较大的开发潜力和提升空间^[20]。张凤太等认为贵州省从 2000~2011 年水资源—经济—生态环境—社会系统的耦合度处于较低水平耦合阶段和颀颀阶段^[21]。

总之,目前对水资源与区域经济关系的研究已有一定成果,学者主要致力于研究水资源利用与经济发展的制约和依赖关系,多采用定量分析和定性评价方法,但仍缺少水资源、区域经济系统相互影响的内在作用的探讨,从时间和空间 2 个视角,利用模糊评价和协调发展度相结合研究两者协调发展的文献。另外,河西走廊是我国典型干旱区之一,又是新丝绸之路的重要组成部分,进入 21 世纪以来,荒漠化速度加快,地下水位下降,生态退化严重,受到党中央的高度关注,区域经济发展与水资源矛盾突出,因此,我们选择以河西走廊这一特殊区域为研究对象,基于协同理论,分析区域经济和g水资源协调发展的内在作用,并构建其系统的综合评价指标体系,利用模糊评价法测算区域经济、水资源 2 个系统的综合水平,然后计算两者的协调度和协调发展度。对这一问题研究不仅有利于该区域经济生态可持续发展,而且对整个丝绸之路经济带战略实施也有正向促进作用。

2 研究区域概况

河西走廊,位于甘肃省境内黄河以西的一条狭长地带,故称河西走廊,它东南起自乌鞘岭,西北止于祁连山以北,合黎山以南,疏勒河下游的带形区域。南北宽在 40~100km 之间,东西长约 1 120km。是古丝绸之路的重要交通要道和贸易重镇。土地总面积 27.6 万 km²,占甘肃省国土面积的 60.4%。该区域包括武威、金昌、张掖、嘉峪关、酒泉五市,总人口 483.31 万人,占甘肃总人口 18.72%。该地区有 3 条内陆河:疏勒河,黑河、石羊河,多年平均径流量 56.616m³。该区域日照强、风沙大、降雨量少,气候干燥,是生态环境相当敏感和脆弱的地区。据统计,河西走廊多年平均水资源量为 93.99 亿 m³,其中地下水资源量为 26.91 亿 m³,地表水资源量为 87.57 亿 m³,可利用水资源量为 80.31 亿 m³^[22]。该地区是甘肃经济比较发达的地区,张掖是甘肃商品粮生产基地,有“桑麻之地”“鱼米之乡”之美称。盛产小麦、玉米、水稻、豆类、油料、瓜果、蔬菜等农作物,还有元葱、苹果梨、乌江米、红枣、发菜等土特产。武威素有“中国人参果之乡”“中国葡萄酒的故乡”等美誉。金昌是有色金属生产基地,镍产量亚洲第一,钴产量世界第二。酒钢集团就位于该区域的嘉峪关市。酒泉是甘肃省面积最大的城市,敦煌是其重要的旅游景点。自 2003~2013 年,该区域的地区 GDP 从 366.11 亿元增加到 1 835.85 亿元,年均增长 17.50%,然而水资源总量从 72.77 亿 m³下降到 65.28 亿 m³,年均下降 1.08%,水资源与经济发展之间的矛盾日益突出。

3 基于协同理论的水资源与区域经济协调发展的相互作用

协同论是 20 世纪 70 年由联邦德国斯图加特大学教授哈肯提出并作系统阐述的。协同论以系统论、信息论、控制论、突变论等最新理论为基础，建立数学模型研究远离平衡状态的开放系统在与外界有物质、能量、信息交换的情况下，如何通过自己内部协同作用，自发地实现从无序到有序，从紊乱到井然的演变的，协同论认为系统是通过伺服原理，自组织原理出现时间、空间和功能上的有序结构。系统的这种时间、空间、功能的演变具有不稳定性、耗散性和起伏性。

就水资源和区域经济系统而言，水资源系统和区域经济系统都是开放的社会经济子系统，具有整体性特征，其自身又存在着更多次级的子系统，这些次级子系统相互作用，相互影响，相互制约，同时又不断与外界发生着物质流、能量流和信息流的交换，促使自身系统实现从混沌到有序的时间和空间演变。水资源是区域经济发展的基础，区域经济是水资源价值实现的载体。水是一种资源，作为经济生产过程的原料，支撑着区域经济的发展，但经济社会的迅速发展，不断地消耗着水资源，使得水资源存量逐渐减少，反过来水资源的减少也进一步制约了经济的发展。区域经济在其发展过程中排放的工业废水、有毒脏水、生活污水等的增加削弱了水资源系统的自我恢复能力，使得水资源系统偏离了原来的时间、空间和功能结构。另一方面，随着技术水平不断提升，污水处理能力在得到加强，水资源重复利用率逐渐提高，随着保护资源意识的增强，保护水资源的政策措施如植树造林、引水灌溉、水价调整等逐步出台和实施，给水资源系统注入了外部的物质流和能量流，促使水资源系统在数量、质量、时间和空间结构上向更有序演变，减少了水资源对经济发展尾效约束。此演变过程可能具有波动性特征。

4 水资源与区域经济协调发展评价模型构建

水资源、区域经济系统协调发展指的是两个系统之间的序参量相互影响、相互作用的发展过程。研究水资源、区域经济系统的协调发展需要评价两者的综合发展水平，因此，该文首先用模糊评价法对其综合水平进行测算，然后再利用协调度和协调发展度对两者的协调发展状况进行考察。

4.1 评价指标体系构建

基于协同思想，参考已有的研究文献，并依据指标值的可获性，代表性、可量性原则，选取能够承载 2 个系统协调发展信息的指标。构建的评价指标体系总共分为 3 层：第一层为主体指标，包括水资源综合水平和区域经济综合水平两项。第二层为分类指标，将水资源系统综合水平分为 3 类，包括水资源基本状况、水资源利用、生态用水。区域经济综合水平也分为 3 类：区域经济投入与产出，区域经济结构、收入分配。第三层为群体指标层，总共有 20 个具体的指标构成。其中水资源系统指标用 $x_1, x_2, \cdots, x_{10}$ 表示，区域经济系统指标用 $y_1, y_2, \cdots, y_{10}$ 表示。

4.2 模糊隶属度矩阵构建

水资源、区域经济系统群体指标都是时序

表 1 水资源、区域经济系统评价指标体系

主体指标	分类指标	因素指标	单位
区域经济综合水平	区域经济投入及产出	人均 GDP (y_1)	元/人
		固定资产投资额 (y_2)	万元
		人均农业总产值 (y_3)	元/人
		城镇化率 (y_4)	%
	区域经济结构	第一产业比重 (y_5)	%
		第二产业比重 (y_6)	%
		财政收入 (y_7)	万元
	收入分配	全社会消费品零售总额 (y_8)	亿元
		城镇居民人均可支配收入 (y_9)	元
		农民人均纯收入 (y_{10})	元
水资源综合水平	水资源基本状况	地表水资源量 (x_1)	亿 m^3
		地下水资源量 (x_2)	亿 m^3
		水资源总量 (x_3)	亿 m^3
	水资源利用	第一产业万元产值耗水量 (x_4)	m^3 /万元
		第二产业万元产值耗水量 (x_5)	m^3 /万元
		万元 GDP 用水量 (x_6)	m^3 /万元
		总耗水率 (x_7)	%
	生态用水	总用水量 (x_8)	亿 m^3
		生态耗水量 (x_9)	亿 m^3
		生态耗水率 (x_{10})	%

变量,可分为两类,一类是正指标,是指指标值越大越好的指标,另一类是逆指标,是指指标值越小越好的指标。隶属度函数用指标某一年份变量值相对于其他年份的重要程度来表示,函数值越接近于 1 表明其水平越高,函数值越接近于 0,表明其水平越低。

(1) 计算水资源综合水平正指标模糊隶属度公式:

$$r_{ij} = \begin{cases} = 0 & \text{当 } 0 < x_{ij} \leq x_{\min,j} \\ = \frac{x_{ij} - x_{\min,j}}{x_{\max,j} - x_{\min,j}} & \text{当 } x_{\min,j} < x_{ij} < x_{\max,j} \\ = 1 & \text{当 } x_{ij} \geq x_{\max,j} \end{cases} \quad (1)$$

(2) 计算水资源综合水平逆指标模糊隶属度公式:

$$r_{ij} = \begin{cases} = 1 & \text{当 } 0 < x_{ij} \leq x_{\min,j} \\ = \frac{x_{\max,j} - x_{ij}}{x_{\max,j} - x_{\min,j}} & \text{当 } x_{\min,j} < x_{ij} < x_{\max,j} \\ = 0 & \text{当 } x_{ij} \geq x_{\max,j} \end{cases} \quad (2)$$

把上面 2 个式子中的 x 替换为 y 就是计算区域经济的模糊隶属度公式,模糊隶属度矩阵可以描述为

$$R_d = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{1j} \\ r_{i1} & r_{ij} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$d=1, 2$ 分别表示水资源、区域经济系统。

4.3 指标权重的计算

权重反映了在模糊评价中该指标相对于其他指标的重要程度,赋权的方法一般有 2 种,一种是主观赋权法,它是专家根据主观判断、凭借经验给出指标权重。另一种是客观赋权法,它是根据原始数据之间的关系通过一定的数学方法计算得到的,他不依赖于人的主观判断。为了避免主观赋权的人为因素,文中采用变异系数赋权,这是一种客观的赋权方法。第一步,计算模糊隶属度矩阵 R 中每个指标的变异系数 u_j

$$= \frac{\delta}{r_j} \quad j=1, 2, \dots, 10。其中, \delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{11}}, \bar{r}_j = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} r_{ij}。第二步,计算模糊隶属度矩阵 R 中每个指$$

$$\text{标的权重 } w_j = \frac{u_j}{\sum_{j=1}^{10} u_j}。$$

4.4 水资源和区域经济综合水平测算

水资源和区域经济综合水平通过模糊隶属度评价模型测算,其结果等于模糊隶属矩阵与各群体指标的权重向量的积。我们把水资源群体指标的权重向量和模糊隶属矩阵记为 W_1, R_1 , 将区域经济群体指标的权重向量和模糊隶属矩阵记为 W_2, R_2 。则水资源综合水平 $L(x) = R_1 \times W_1$, 区域经济综合水平 $M(y) = R_2 \times W_2$ 。

4.5 水资源和区域经济协调度的测算方法及协调等级划分

协调度就是定量描述系统之间或研究对象各要素之间协调状况好坏程度的指标^[23]。水资源与区域经济发展的协调度可以描述为水资源承载力和区域经济协调发展的程度。对于水资源与区域经济协调度的计算,借鉴廖重斌等学者基于数理统计分析方法的模型,基本思想是要使两者的协调性越好,就是希望 L

$$(x) \text{ 和 } M(y) \text{ 的离差越小越好,也就是希望离差系数 } C_v = \frac{s}{\frac{1}{2}[L(x) + M(y)]} \text{ (其中 } s \text{ 是标准差) 越小}$$

$$\text{越好,而离差系数越小越好的充分必要条件式是 } C = \frac{L(x) \cdot M(y)}{[\frac{L(x) + M(y)}{2}]^2} \text{ 越大越好}^{[24]}。这里我们把 } C \text{ 作为}$$

测算两者协调度的计算公式，可以证明 C 的取值范围 $[0, 1]$ ，0 和 1 是协调状态极限即完全失调和完全协调。协调度值越接近于 1，表明协调发展状况越来越好，协调度越接近于 0，说明协调发展状况越来越差。依据协调度划分的协调等级如下表 2。

表 2 水资源和区域经济协调度划分

协调等级	协调评价	协调度区间	协调等级	协调评价	协调度区间
1	优质协调	$[0.9, 1)$	6	濒临失调	$[0.4, 0.5)$
2	良好协调	$[0.8, 0.9)$	7	低度失调	$[0.3, 0.4)$
3	中级协调	$[0.7, 0.8)$	8	中度失调	$[0.2, 0.3)$
4	初级协调	$[0.6, 0.7)$	9	严重失调	$[0.1, 0.2)$
5	勉强协调	$[0.5, 0.6)$	10	极度失调	$[0, 0.1)$

4.6 水资源和区域经济协调发展度的测算方法及其评判标准划分

协调度是评价水资源和区域经济协调发展的易操作且可靠的方法，但是，协调度在某些情况下不能反映水资源和区域经济综合发展水平，这里我们仍然借鉴廖重斌等学者的研究方法，引入协调发展度，它是度量水资源与区域经济协调发展水平高低的定量指标。用如下公式计算：

$$D = \sqrt{C \cdot T}, T = \alpha L(x) + \beta M(y)$$

(4)

上式中，D 代表协调发展度，T 为水资源和区域经济发展的综合水平，C 为协调度， α, β 为待定系数。不难证明，只要 $\alpha + \beta = 1$ ，则 $T \in [0, 1]$ ， $D \in [0, 1]$ 。在该研究中我们认为水资源和区域经济发展关乎长远发展和子孙后代福利，两者同等重要，取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。水资源和区域经济协调发展度综合评判标准划分见表 3。

5 河西走廊水资源与区域经济协调发展评价

利用前面构建的指标体系和测算权重、水资源和区域经济综合水平、协调度、协调发展度的方法，对河西走廊地区水资源与区域经济协调发展进行测评。

表 3 水资源和区域经济协调发展度综合评判标准划分

等级	协调等级	L (x) 和 M (y) 比较	协调类别
$[0.9, 1)$	优质协调	$L(x) > M(y)$	优质协调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	优质协调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	优质协调发展水资源赤字型
$[0.8, 0.9)$	良好协调	$L(x) > M(y)$	良好协调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	良好协调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	良好协调发展水资源赤字型
$[0.7, 0.8)$	中级协调	$L(x) > M(y)$	中级协调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	中级协调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	中级协调发展水资源赤字型
$[0.6, 0.7)$	初级协调	$L(x) > M(y)$	初级协调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	初级协调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	初级协调发展水资源赤字型
$[0.5, 0.6)$	勉强协调	$L(x) > M(y)$	勉强协调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	勉强协调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	勉强协调发展水资源赤字型
$[0.4, 0.5)$	濒临失调	$L(x) > M(y)$	濒临失调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	濒临失调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	濒临失调发展水资源赤字型
$[0.3, 0.4)$	低度失调	$L(x) > M(y)$	低度失调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	低度失调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	低度失调发展水资源赤字型
$[0.2, 0.3)$	中度失调	$L(x) > M(y)$	中度失调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	中度失调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	中度失调发展水资源赤字型
$[0.1, 0.2)$	严重失调	$L(x) > M(y)$	严重失调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	严重失调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	严重失调发展水资源赤字型
$[0, 0.1)$	极度失调	$L(x) > M(y)$	极度失调发展区域经济滞后型
		$L(x) = M(y)$	极度失调发展水资源区域经济同步型
		$L(x) < M(y)$	极度失调发展水资源赤字型

5.1 数据选取

该研究所采用的群体指标原始数据均来源于 2003 ~ 2013 年河西走廊五市历年的国民经济和社会发展统计公报以及《甘肃统计年鉴》、《甘肃农村统计年鉴》、《甘肃水资源公报》。部分指标数值是通过原始数据计算整理得到的。

5.2 河西走廊水资源与区域经济协调度及协调发展度测算结果

利用前面的研究方法对河西走廊地区水资源系统综合水平、区域经济系统综合水平、两者的协调度和协调发展度的测算结果见表 4 ~ 9。

表 4 武威水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.530	0.060	0.295	0.365	0.328	低度失调发展区域经济滞后型
2004	0.490	0.080	0.285	0.483	0.371	低度失调发展区域经济滞后型
2005	0.510	0.190	0.350	0.791	0.526	勉强协调发展区域经济滞后型
2006	0.560	0.250	0.405	0.854	0.588	勉强协调发展区域经济滞后型
2007	0.620	0.290	0.455	0.868	0.629	初级协调发展区域经济滞后型
2008	0.420	0.360	0.390	0.994	0.623	初级协调发展区域经济滞后型
2009	0.410	0.330	0.370	0.988	0.605	初级协调发展区域经济滞后型
2010	0.620	0.440	0.530	0.971	0.717	中级协调发展区域经济滞后型
2011	0.470	0.590	0.530	0.987	0.723	中级协调发展水资源赤字型
2012	0.530	0.780	0.655	0.964	0.794	中级协调发展水资源赤字型
2013	0.560	0.930	0.745	0.938	0.836	良好协调发展水资源赤字型

表 5 金昌水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.707	0.061	0.384	0.292	0.335	低度失调发展区域经济滞后型
2004	0.724	0.109	0.417	0.456	0.436	濒临失调发展区域经济滞后型
2005	0.444	0.201	0.322	0.857	0.526	勉强协调发展区域经济滞后型
2006	0.479	0.270	0.374	0.922	0.588	勉强协调发展区域经济滞后型
2007	0.580	0.362	0.471	0.946	0.667	初级协调发展区域经济滞后型
2008	0.446	0.415	0.430	0.999	0.656	初级协调发展区域经济滞后型
2009	0.498	0.462	0.480	0.999	0.693	初级协调发展区域经济滞后型
2010	0.516	0.545	0.530	0.999	0.728	中级协调发展水资源赤字型
2011	0.385	0.646	0.515	0.936	0.694	初级协调发展水资源赤字型
2012	0.316	0.807	0.562	0.809	0.674	初级协调发展水资源赤字型
2013	0.249	0.925	0.587	0.668	0.626	初级协调发展水资源赤字型

表 6 张掖水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.460	0.015	0.238	0.122	0.492	濒临失调发展区域经济滞后型
2004	0.525	0.073	0.299	0.431	0.664	初级协调发展区域经济滞后型
2005	0.420	0.111	0.265	0.663	0.706	中级协调发展区域经济滞后型
2006	0.396	0.185	0.290	0.868	0.759	中级协调发展区域经济滞后型
2007	0.519	0.242	0.380	0.867	0.801	良好协调发展区域经济滞后型
2008	0.428	0.320	0.374	0.979	0.818	良好协调发展区域经济滞后型
2009	0.512	0.397	0.454	0.984	0.851	良好协调发展区域经济滞后型
2010	0.569	0.479	0.524	0.993	0.877	良好协调发展区域经济滞后型
2011	0.421	0.636	0.528	0.959	0.873	良好协调发展水资源赤字型
2012	0.465	0.792	0.629	0.932	0.899	良好协调发展水资源赤字型
2013	0.486	0.956	0.721	0.894	0.916	优质协调发展水资源赤字型

表 7 酒泉水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.294	0.061	0.177	0.572	0.318	低度失调发展区域经济滞后型
2004	0.424	0.051	0.238	0.385	0.303	低度失调发展区域经济滞后型
2005	0.586	0.128	0.357	0.590	0.459	濒临失调发展区域经济滞后型
2006	0.497	0.172	0.335	0.765	0.506	勉强协调发展区域经济滞后型
2007	0.593	0.224	0.408	0.797	0.570	勉强协调发展区域经济滞后型
2008	0.424	0.303	0.364	0.972	0.595	勉强协调发展区域经济滞后型
2009	0.569	0.438	0.504	0.983	0.704	中级协调发展区域经济滞后型
2010	0.757	0.534	0.645	0.970	0.791	中级协调发展区域经济滞后型
2011	0.524	0.683	0.603	0.983	0.770	中级协调发展水资源赤字型
2012	0.421	0.853	0.637	0.885	0.751	中级协调发展水资源赤字型
2013	0.349	0.986	0.667	0.772	0.718	中级协调发展水资源赤字型

表 8 嘉峪关水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.349	0.059	0.204	0.496	0.318	低度失调发展区域经济滞后型
2004	0.352	0.116	0.234	0.745	0.417	濒临失调发展区域经济滞后型
2005	0.460	0.216	0.338	0.870	0.542	勉强协调发展区域经济滞后型
2006	0.456	0.255	0.355	0.920	0.572	勉强协调发展区域经济滞后型
2007	0.525	0.311	0.418	0.935	0.625	初级协调发展区域经济滞后型
2008	0.623	0.372	0.498	0.936	0.683	初级协调发展区域经济滞后型
2009	0.795	0.435	0.615	0.915	0.750	中级协调发展区域经济滞后型
2010	0.790	0.497	0.643	0.948	0.781	中级协调发展区域经济滞后型
2011	0.388	0.668	0.528	0.930	0.701	中级协调发展水资源赤字型
2012	0.380	0.824	0.602	0.864	0.721	中级协调发展水资源赤字型
2013	0.373	0.921	0.647	0.821	0.729	中级协调发展水资源赤字型

表 9 河西走廊水资源与区域经济协调发展测算结果

年份	L (x)	M (y)	T	C	D	类型
2003	0.468	0.051	0.260	0.356	0.304	低度失调发展区域经济滞后型
2004	0.503	0.086	0.295	0.499	0.383	低度失调发展区域经济滞后型
2005	0.484	0.169	0.327	0.768	0.501	勉强协调发展区域经济滞后型
2006	0.478	0.226	0.352	0.873	0.554	勉强协调发展区域经济滞后型
2007	0.567	0.286	0.427	0.891	0.617	初级协调发展区域经济滞后型
2008	0.468	0.354	0.411	0.981	0.635	初级协调发展区域经济滞后型
2009	0.557	0.413	0.485	0.978	0.688	初级协调发展区域经济滞后型
2010	0.650	0.499	0.575	0.983	0.751	中级协调发展区域经济滞后型
2011	0.438	0.644	0.541	0.964	0.722	中级协调发展水资源赤字型
2012	0.422	0.811	0.617	0.901	0.745	中级协调发展水资源赤字型
2013	0.403	0.943	0.673	0.839	0.752	中级协调发展水资源赤字型

5.3 河西走廊水资源与区域经济协调发展时空特征分析及延伸分析

5.3.1 河西走廊水资源与区域经济协发展时空特征分析

从表 9 的结果看，从 2003 ~2013 年河西走廊地区水资源和区域经济的协调发展经历了低度失调，勉强协调，初级协调、中级协调 4 个阶段，实现了从失调到协调的演变，呈上升态势，但两者协调发展总体水平不高。这 11 年中有 8 年处于区域经济滞后发展阶段，3 年处于水资源赤字发展阶段。

从表 4 ~8 的结果看，武威市水资源与区域经济协调发展从 2003 年的低度失调，经历了勉强协调、初级协调、中级协调在 2013 年达到良好协调状态。张掖市两者的协调发展度从 2003 ~2013 年依次经历了濒临失调、初级协调、中级协调、良好协调、优质协调等发展阶段。酒泉市两者协调发展 2003 和 2004 年为

低度失调发展,2005 年为濒临失调发展,2006~2008 年为勉强协调发展,2009~2013 年为中级协调发展。嘉峪关市两者的协调发展度从 2003 年 0.318 上升到了 2013 年的 0.729。这 4 个市水资源和区域经济实现了从失调到协调逐步提升融合协调发展。从 2003~2010 年都是经济滞后发展类型,2011~2013 年已经演变水源赤字型发展类型,这说明 2011 年以后,随着区域经济发展,已经过度开发利用了水资源,水资源短缺现象已经日益严峻,对两者协调发展的阻碍更加明显。金昌市水资源与区域经济协调发展从 2003~2013 年逐步经历了低度失调、濒临失调、勉强协调、初级协调、中级协调、初级协调等 6 个发展阶段,即经历了由低级失调到中级协调再到低级协调的倒“L”演变形态。2009 年以前为区域经济滞后发展,2010 年之后为水资源赤字发展,比其他 4 市提前 1 年进入水资源赤字发展。

为了使研究结果更接近于现阶段的水资源和区域经济发展特征,选择 2011~2013 年进入水资源赤字发展阶段的实证数据,来分析水资源和区域经济发展的空间差异。从 2011~2013 年,该区域 5 市水资源和区域经济协调发展度的平均值武威、金昌、张掖、酒泉、嘉峪关分别为 0.785、0.665、0.895、0.746、0.716,其中张掖的两者协调发展状况最好,其余依次武威、酒泉、嘉峪关、金昌。在这 3 年里,水资源系统综合水平的均值武威>张掖>酒泉>嘉峪关>金昌,区域经济发展综合水平酒泉>嘉峪关>张掖>金昌>武威,表明该区域内酒泉经济状况最好,武威最差,武威水资源状况较好,金昌最差。

5.3.2 水资源、区域经济系统的综合水平对两者的协调发展的支撑作用

在该文中, $D = \sqrt{C \cdot T}$,将 T 中 α, β 的值都取为 0.5,则 $D = \sqrt{C \cdot T} = \sqrt{\frac{2L(x) \cdot M(y)}{L(x) + M(y)}}$,令 $Z = \frac{L(x) \cdot M(y)}{L(x) + M(y)}$,要使 D 增大,也就是要 Z 增加。即 Z 的倒数要 $\frac{1}{L(x)} + \frac{1}{M(y)}$ 减小,故 D 要增大的充要条件是 L(x) 和 M(y) 同时增加或者至少其一要增加。这可以解释为水资源、区域经济系统的综合水平对两者的协调发展具有支撑作用,2 个系统的综合水平高低决定着两者协调发展度的高低,2 个系统综合水平之间存在某种意义上的线性关系是提升两者协调发展度的关键。河西走廊地区区域经济系统综合水平从 2003 年的 0.051 增加到 2013 年的 0.943,呈现稳定的上升态势,对两者协调发展的促进作用明显,然而水资源综合水平仅在 0.403~0.650 之间波动,总体水平较低,且没有表现出明显的上升,水资源对两者协调发展的支撑作用十分有限。水资源和区域经济综合水平没有严格的线性关系,表现出非同步性。其中,金昌市的水资源综合水平从 2003 年 0.707 下降到 2013 年的 0.249,表现出波动下降特征,水资源不足已成该地区经济发展的掣肘。

6 研究结论

河西走廊地区总体上水资源与区域经济的协调度高于协调发展度,协调发展度呈现出从低度失调到中级协调的上升态势,但协调发展度总体水平偏低。从 2011 年起进入水资源赤字发展阶段,水资源对经济发展的制约作用已凸显。该区域内 5 市的水资源与区域经济的协调发展地区差异明显,其中金昌市的情况最差,发展前景令人担忧。水资源、区域经济系统综合水平呈现非同步性。河西走廊区域内水资源分配严重不均,经济水平也存在较大差距。

由于研究选取的指标及样本选择时间周期的原因,可能会对研究结果的精度产生一定影响,但该研究结论基本符合该区域水资源利用及区域经济发展的现状,能够比较客观反映其时空变化特征。针对河西走廊地区 5 市不同的产业发展现状和资源禀赋,提出具体的适合 5 市各自发展的有针对性的政策建议以及对区域未来水资源和区域经济协调发展状况进行仿真预测有待进一步深入研究。

参考文献

[1] 卢艳领, 陈志国, 刘振国. 基于熵值法的河北省农业用水利用效率研究. 中国农业资源与区划, 2015, 36 (3): 136~142

[2] 张腾, 张震, 徐艳. 基于 SD 模型的海淀区水资源供需平衡模拟与仿真研究. 中国农业资源与区划, 2016, 37 (2): 30~37

- [3] 罗光明, 侍克斌, 张宏俊. 新疆水资源利用和经济增长之间的关系. 干旱区地理, 2009, 32 (7): 566 ~ 569
- [4] 邓朝晖, 刘洋, 薛惠锋. 基于 VAR 模型的水资源利用与经济增长动态关系研究. 中国人口, 2012, 22 (6): 128 ~ 135
- [5] 潘丹, 应瑞瑶. 中国水资源与农业经济增长关系研究——基于面板 VAR 模型. 中国人口, 2012, 22 (1): 161 ~ 166
- [6] 李青, 陈红梅, 王雅鹏. 基于面板 VAR 模型的新疆农业用水与农业经济增长的互动效应研究. 资源科学, 2014, 36 (8): 1679 ~ 1685
- [7] Rock Michael T. Freshwater use, fresh water scarcity, and socioeconomic development. The Journal of Environment & Development, 1998, 7 (3): 278 ~ 301
- [8] 李强, 王莉芳, 贾晓猛. 基于 EKC 的水资源利用与经济增长关系研究. 科技和产业, 2015, 15 (4): 133
- [9] 刘渝, 杜江, 张俊飏. 中国农业用水与经济增长的库兹涅茨假说及验证. 长江流域资源与环境, 2008, 17 (4): 593 ~ 597
- [10] 张兵兵, 沈满洪. 工业用水库兹涅茨曲线分析. 资源科学, 2016, 38 (1): 102 ~ 108
- [11] 邓峰, 孙雪莲. 干旱区水资源对经济增长的约束作用实证分析——以新疆为例. 新疆社会科学, 2013, (2): 43
- [12] 谢书玲, 王铮, 薛俊波, 等. 中国经济发展中水土资源的“增长尾效”分析. 管理世界, 2005, (7): 22 ~ 25
- [13] 汪奎, 邵东国, 顾文权, 等. 中国用水量与经济增长的脱钩分析. 灌溉排水学报, 2011, 30 (6): 34 ~ 38
- [14] 潘安娥, 陈丽. 湖北省水资源利用与经济协调发展脱钩分析——基于水足迹视角. 资源科学, 2014, 36 (2): 328 ~ 333
- [15] 姬卿伟, 李跃. 干旱区城市经济增长与水资源消耗脱钩分及其驱动分解——以乌鲁木齐市为例. 新疆农垦经济, 2015, (1): 63 ~ 67
- [16] 李长健, 吴薇, 刘函. 水资源可持续发展与区域经济发展互促关系研究——以鄱阳湖生态经济区为例. 江西社会科学, 2010, 30 (4): 209 ~ 213
- [17] 杜湘红, 张涛. 水资源环境与社会经济系统耦合发展的仿真模拟——以洞庭湖生态经济区为例. 地理科学, 2015, 35 (9): 1109 ~ 1115
- [18] 杜湘红. 水资源环境与社会经济系统耦合建模和仿真测度——基于洞庭湖流域的研究. 地理科学, 2014, 34 (8): 151 ~ 155
- [19] 王莉芳, 贾晓猛, 周妹和. 陕西省农业水资源可持续利用与经济协调发展研究. 科技和产业, 2016, 16 (3): 39 ~ 44
- [20] 关伟. 区域水资源与经济社会耦合系统可持续发展的量化分析. 地理科学, 2007, 27 (7): 686 ~ 692
- [21] 张凤太, 苏维词. 贵州省水资源-经济-生态环境-社会系统耦合协调演化特征研究. 灌溉排水学报, 2015, 34 (6): 44 ~ 48
- [22] 方创琳. 中国西部生态经济走廊. 北京: 商务印书馆, 2004: 68
- [23] 吴跃明. 论环境-经济系统协调度. 环境污染与防治, 2001, 23 (1): 25 ~ 29
- [24] 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. 热带地理, 1999, 19 (6): 171 ~ 177

THE SPATIAL - TEMPORAL CHARACTERISTICS OF COORDINATED DEVELOPMENT OF WATER RESOURCE AND REGIONAL ECONOMY IN ARID AREA *

——TAKING HEXI CORRIDOR AS AN EXAMPLE

Du Junping¹, Chen Nianlai², Ye Deming³

(1. Department of Economic Management, Hetao College, Bayannur, Inner Mongolia 015000, China;

2. School of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. School of Economics and Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract Based on the analysis of the inherent interaction of coordinated development of water resource and regional economy, this paper constructed the comprehensive evaluation index of water resource and regional economy. And then, it used the fuzzy evaluation to calculate the level of aggregation of water resource and regional economy, and evaluated the harmonious development in Hexi Corridor from 2003 to 2013. The results showed that the coordinated development of water resource and regional economy in Hexi Corridor experienced four stages: low maladjustment, narrow coordination, low-level coordination, and intermediate coordination. Since 2011, the lagging development of regional economy has turned into the stage of deficient development of water resource. The comprehensive level of water resource and regional economy increased from 0.051 in 2003 to 0.943 in 2013, which can evidently promote the coordinated development of water resource and regional economy. However, the level of aggregation of water resource only fluctuated between 0.403 - 0.650, which indicated that water resource played a limited role in supporting the coordinated development of water resource and regional economy. The comprehensive level of water resource and regional economy showed a nonlinear relation. From the perspective of spatial characteristics, there was an evident regional difference in the coordinated development of water resource and regional economy.

Keywords arid area; Hexi corridor; water resource; regional economy; coordinated development