

湖北省水资源与社会经济耦合协调发展分析¹

喻笑勇¹, 张利平^{1, 2}, 陈心池¹, 杨 凯², 黄勇奇²

(1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;

2. 黄冈师范学院旅游文化与地理科学学院, 湖北 黄冈 438000)

【摘要】：水资源是可持续发展战略的物质基础，其合理开发利用是实现水资源与社会经济协调发展的重要保障。通过建立水资源和社会经济协调发展评价指标体系，构建协调发展度模型，分别对湖北省 17 个地级市水资源与社会经济协调发展度进行了计算，对水资源综合水平与社会经济水平协调发展度的时间序列变化与空间分异特征进行定量计算和系统性、耦合性分析。结果表明：湖北省水资源水平滞后于社会经济水平，但二者相互作用较强；2006~2015 年，二者的协调发展状况呈现较为显著的上升趋势，秩相关系数为 0.7932；17 个地级市的水资源与社会经济达到了较高的协调发展状态，协调发展度呈现“两极化”的空间分布特征，具体表现为中部、中东部地区协调发展度等级较高，而西北部、西南部地区协调发展等级相对较低。

【关键词】：协调发展度，水资源，社会经济，耦合分析

【中图分类号】：TV213.4 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1004-8227 (2018) 04-0809-09

【DOI】：10.11870/cjlyzyyhj201804012

水资源合理开发利用为社会经济发展提供了有效的供水，社会经济发展为实施水资源合理开发利用战略提供了必要的资金和条件，二者相互支撑、相互制约。因而，必须协调水资源开发利用与社会经济发展之间的关系，实现人水和谐，保障社会的可持续发展。这种和谐关系主要体现在经济的增长和城市规模的扩大要与城市水资源相协调，量水而行，实现水资源与社会经济协调发展。

关于水资源与社会经济协调发展的研究方法主要分为两类：一类是定性的理论研究，分析两者的相互作用关系，提出可持续、协调发展的对策。宿华^[1]根据松辽流域“水体群”功能与社会经济协调发展的主要矛盾，从战略思想、战略目标的角度，提出了水资源保护与社会经济协调发展的战略重点、战略措施；吕胜利等^[2]针对石羊河流域的水资源与工农业协调发展问题，通过水资源与社会经济两个亚系统相互联系、相互制约，模拟水资源与社会经济之间的相互作用及各自的动态变化过程和反馈特征；另一类是定量的数据分析，通过构建评价指标体系和应用协调度评价模型，量化评价水资源与社会经济之间的协调发展程度。最近 10a 以来，学者们多聚焦于此，如李德一等^[3]通过构建一套指标体系，采用相应的协调度评价模型，对黑龙江省各地级市水资源与社会经济发展协调度进行评价，为该地区主体功能区建设提供决策服务；熊建新等^[4]和周校培等^[5]基于耦合协调发展的作用机理，分别测算了洞庭湖区、南京市水资源与社会经济间的耦合协调度，对水资源系统和社会经济系统的发展动

¹[收稿日期]：2017-06-21；[修回日期]：2017-09-28

[基金项目]：国家重点研发计划项目 (2017YFA0603704)；湖北省科技计划项目 (2015BCA290)

[作者简介]：喻笑勇 (1991~)，男，硕士研究生，主要从事水文气象研究。E-mail: yxy201105318@163.com

[通讯作者]：E-mail: zhanglp@whu.edu.cn

态进行了分析，并针对发展过程中存在的问题提出了合理的建议。姜诗慧等^[6]借鉴容量耦合模型对沈阳市水资源承载力的耦合度和耦合协调度进行了计算，对比分析了社会经济发展对水资源系统造成的压力以及水资源系统对社会经济发展的支撑能力。方芳^[7]通过建立耦合协调评价模型，研究朝阳市区域经济与水资源系统的协调演化过程，深入分析水资源和区域经济之间的关系，提出协调水资源与经济增长的对策。杜俊平等^[8]基于协同理论，在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，利用模糊评价法测算了河西走廊地区两者综合水平，并对两者的协调发展进行考察和测评。

由于已有的研究多集中在资源型、工程型缺水地区，主要为了解决缺水地区水资源的合理开发利用，以使其更好的适应社会经济的发展，而对水资源充沛区域研究较少。因此，本文选取湖北省为研究对象，通过改进已有的协调发展度模型，构建合理的层次指标体系，对各地级市进行水资源与社会经济耦合分析，以期水资源的可持续利用、社会经济的良性发展提供明确的决策支持与针对性建议。

1、指标体系构建与评价模型

本文将水资源综合水平与社会经济水平各要素相互作用的程度定义为水资源与社会经济耦合度，耦合度的大小反应二者的协调程度。因此，为科学准确地评价水资源与社会经济协调发展现状，构建了一套水资源和社会经济协调发展度评价指标体系，利用协调发展度模型，定量地描述两大系统的耦合程度，从而对水资源与社会经济协调发展程度进行分析。

1.1 指标体系的建立

建立指标体系是进行水资源与社会经济系统协调度量化分析的基础，只有选择具有代表性且便于采集数据的指标，才能够全面正确地分析各子系统之间的相互关系。本文针对水资源与社会经济协调度的具体定义，遵循科学性、系统性、层次性和可操作性的原则，结合研究区域自身结构特征，构建含水资源与社会经济两个子系统的评价指标体系^[9]。

该评价指标体系由目标层、准则层、指标层等 3 个层次构成。目标层为水资源综合水平与社会经济水平，“水资源综合水平”是对水资源状况、用水比例和水资源开发利用的综合衡量，表明评价对象水资源现状的优劣程度，其高水平说明评价对象的水资源状况较好、各产业用水分配较合理、水资源开发利用程度较适宜；“社会经济水平”是社会经济综合实力和发展水平的体现。准则层为水资源综合水平与社会经济水平的影响和评判因素，包括水资源状况、用水比例、水资源开发利用、经济实力、产业结构和社会发展；指标层是对准则层的细化，是整个指标体系的基本组成元素，包括各个具体评价指标。指标体系的具体内容如表 1 所示。

表 1 水资源和社会经济协调发展度评价指标体系

目标层	准则层	指标层	权重
水资源综合水平	水资源状况	单位面积水资源总量	0.1243
		人均水资源量	0.1974
		年平均降雨量	0.0783
	用水比例	生产用水比例	0.1200
		生活用水比例	0.0550
		生态环境用水比例	0.0250
	水资源开发利用	万元 GDP 用水量	0.1650
		地表水资源利用率	0.1310
		人均用水量	0.1040
社会经济水平	经济实力	人均 GDP	0.1376

		GDP 增长率	0.1375
		工业化率	0.1375
		二产占比	0.1300
	产业结构	三产占比	0.1300
		人口密度	0.0860
		城镇化率	0.1490
	社会发展	城镇居民人均可支配收入	0.0462
		农民人均纯收入	0.0462

1.2 指标权重的确定

目前确定指标权重的方法较多，可划分为主观、客观以及主观与客观相结合 3 种方法。指标权重的确定，既具有客观性又有一定的主观性，其值对最后的评价至关重要。因此，本文采用层次分析法（AHP）来确定指标权重。

通过对各层元素两两比较，对每一层次中各因素相对重要性给出判断，并运用 1~9 标度法以数值表示出来，构造比较判断矩阵。根据所构造的判断矩阵，计算本层次与上一层相联系的元素的重要性程度。采用方根法来确定矩阵最大特征值和其对应的特征向量，计算得出指标权重 W_i ，根据体系中各层的权重，得出指标层的权重^[10]。层次分析法计算指标权重步骤如下：

（1）计算判断矩阵每一行的元素乘积：

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n;$$

（2）计算 M_i 的 n 次方根： $\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$ ；

（3）向量 $\bar{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$ 正规化处理： $W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j}$ ，则示 $\bar{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$ 为所求的特征向量，即对应的指标权重；

（4）求解判断矩阵最大特征值： $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$ ，其中 $(AW)_i$ 表示向量 AW 的第 i 个元素。根矩阵相关理论，可知 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 为矩阵 A 的特征根，对所有 $a_{ii}=1$ ，满足 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$ ；

（5）判断矩阵的一致性检验：计算一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ ，计算一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，

其中 RI 为平均一致性指标（查表可得）。当 $CR < 0.1$ 时，认为判断矩阵具有满意的一致性，否则，需要对判断矩阵进行调整再检验，直到满足要求。

为消除各指标间数量单位的差异，本文采用无差标准化法对指标进行标准化处理^[11]。由于水资源指标与社会经济指标存在正、负功效指标^[12]，因此具体计算公式如下：

$$\begin{aligned} X'_i &= (X_i - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad X_i \text{ 具有正功效} \\ X'_i &= (X_{i\max} - X_i) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad X_i \text{ 具有负功效} \end{aligned} \quad (1)$$

式中： x'_i 为指标标准化值； x_i 为评价指标值； $x_{i\max}$ 、 $x_{i\min}$ 分别为指标 i 对应的最大值、最小值。

1.3 协调发展度评价模型

协调度即是定量描述区域范围内各要素或系统间协调状况好坏程度的指标，体现了系统由无序走向有序的趋势^[13]。水资源与社会经济发展协调程度是指在一定的经济发展阶段，水资源综合水平与社会经济发展水平的协调状态。理论上水资源与社会经济发展之间存在最优协调度^[14]。有学者研究指出，协调度可分为对比协调度和发展协调度两种，前者适用于度量同一发展阶段或同一时期不同城市或区域之间水资源与经济的协调情况，后者则适用于一个城市或区域在不同发展阶段水资源与经济的协调情况。

根据协调度的定义，廖重斌等^[15]对协调度的测算给出了基于数理统计分析方法的模型。设正数 $X_1, X_2, \dots, X_m$ 为描述水资源特征的 m 个指标，正数 $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ 为描述经济特征的 n 个指标，则有函数：

$$\begin{aligned} f(x) &= \sum_{i=1}^m a_i x'_i \\ g(y) &= \sum_{j=1}^n b_j y'_j \end{aligned} \quad (2)$$

式中： X'_i 、 Y'_j 是标准化后的评价指标； $f(x)$ 、 $g(y)$ 分别为水资源子系统、社会经济子系统评价函数（指数），量化表征了水资源子系统水平与社会经济子系统水平； a_i 、 b_j 为权重系数。

在模型中，一般希望 $f(x)$ 与 $g(y)$ 的离差系数 C_v 值越小越好。

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{S}{\frac{1}{2}[f(x) + g(y)]} \\ &= \sqrt{2 \left\{ 1 - \frac{f(x) \cdot g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(x)}{2} \right]^2} \right\}} \end{aligned} \quad (3)$$

式中： S 为标准差，而使 C_v 越小越好的充要条件是 C' 越大越好。

$$C' = \frac{f(x) \cdot g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2} \quad (4)$$

显然，当 C' 的值最大时，离差系数 C_v 值最小。

根据上式，为使计算出的协调度有一定的层次性，给出水资源与社会经济协调度 C 的计算公式为：

$$C = \left\{ \frac{f(x) \cdot g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2} \right\}^k \quad (5)$$

式中 C 为协调度，K 为调节系数（ $K \geq 2$ ）。上式即是本文所采用的协调度计算模型，表明了在水资源与社会经济水平一定的条件下（即 $f(x)$ 与 $g(y)$ 之和一定），为使水资源与社会经济的发展水平（即 $f(x)$ 与 $g(y)$ 之积）最大，水资源与社会经济进行组合协调的数量程度。

协调度 C 取值在 0~1 之间，最大值也即是最佳协调状态；协调度 C 越小，则越不协调，即水资源与经济发展水平越失调。本文在综合了大量已有研究的基础上，采用了目前应用最广泛、实际效果最好的协调度等级及其划分标准^[15]，具体见表 2。

表 2 协调度与协调等级

协调度	0~	0.10~0.	0.20~	0.30~	0.40~	0.50~0.	0.60~0.	0.70~0.	0.80~	0.90~1.
C	0.09	19	0.29	0.39	0.49	59	69	79	0.89	00
协调	极度	严重	中度	轻度	淑临	基本	初级	中级	良好	优质
等级	失调	失调	失调	失调	失调	协调	协调	协调	协调	协调

为全面反映水资源与社会经济发展的适应性，利用 C、 $f(x)$ 和 $g(y)$ 构造协调发展度函数^[16]：

$$D = \sqrt{C \cdot T}, \quad T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (6)$$

式中：D 为协调发展度；T 为水资源与经济发展水平综合评价指数，反映水资源与经济发展的整体水平； α 和 β 为水资源子系统和社会经济子系统的权重； $T \in (0, 1)$ ， $D \in (0, 1)$ 。协调发展度 D 综合了水资源与社会经济发展的协调度 C 及其综合发展水平的信息。本文耦合分析中有两个子系统^[17]，故取 $k=2$ ，同时认为水资源和社会经济发展同等重要，令 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

参考相关研究结果^[15]，水资源与社会经济的协调发展程度判别标准见表 3。

表 3 水资源与社会经济协调发展的分类体系及判别标准

第一层次		第二层次		第三层次
区间	D	类型	$f(x)$ 与 $g(y)$ 的对比关系	类型
协调发展类（可接受区间）	0.80~1.00	极度协调发展	$f(x) > g(y)$	经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	二者同步型
			$f(x) < g(y)$	水资源滞后型
	0.70~0.80	高级协调发展	$f(x) > g(y)$	经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	二者同步型
			$f(x) < g(y)$	水资源滞后型
过度类（过渡区间）	0.60~0.70	中级协调发展	$f(x) > g(y)$	经济滞后型
			$f(x) = g(y)$	二者同步型
			$f(x) < g(y)$	水资源滞后型
	0.50~0.60	初级协调发展	$f(x) > g(y)$	经济滞后型

			$f(x) = (y)$	二者同步型
			$f(x) < g(y)$	水资源滞后型
			$f(x) > g(y)$	经济滞后型
失调衰退类（不可接受区间）	0~0.50	低级协调发展	$f(x) = g(y)$	二者同步型
			$f(x) < g(y)$	水资源滞后型

2、湖北省水资源与社会经济协调发展度评价

2.1 研究区域概况

湖北省位于 $108^{\circ} 21' 42'' \sim 116^{\circ} 07' 50''E$ 、 $29^{\circ} 01' 53'' \sim 33^{\circ} 6' 47''N$ ，属于长江中游流域，全省总面积 18.59 万 km^2 ，占全国总面积的 1.94%。气候以亚热带季风性湿润气候为主，光能充足，热量丰富，无霜期长，降水充沛，雨热同季^[18]。湖北境内除长江、汉江干流外，河流众多，河流总长 5.92 万 km ，水资源量丰富。降水空间分布呈由南向北递减趋势，鄂西南最长达 1400~1600mm，鄂西北最少为 800~1000mm。降水量分布有明显的季节变化，一般是夏季最多，冬季最少。湖北水资源时空分布不均，受气候变化影响，部分时期、部分区域缺水问题突出，作为中部大省，对水资源需求较大，要求较高^[19]。因此，在社会经济的不断发展过程中，有效合理的利用水资源，促进经济可持续发展，使二者协调发展，互为支撑，显得尤为重要。

2.2 水资源与社会经济协调度及协调发展度的时空特征分析

2.2.1 协调度与协调发展度

根据湖北省 17 个地级市 2006~2015 年水资源综合水平与社会经济水平统计数据，利用前文建立的模型，计算二者协调度 C 与协调发展度 D，如图 1 所示。

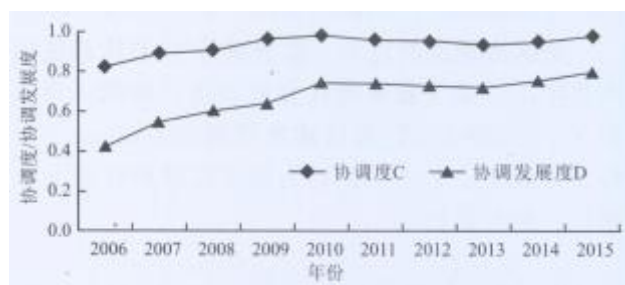


图 1 2006~2015 年湖北省水资源综合水平与社会经济水平协调度和协调发展度

由图 1 可知，“十一五”期间（2006~2010 年）湖北省水资源综合水平与社会经济水平的总体耦合状态呈现出逐渐增长的态势，水资源与社会经济之间的关联程度处于相对稳定的水平^[20]。与此同时，水资源与社会经济的协调发展度在此期间也呈现出同步的稳定上升态势，由低级协调发展向中高级协调发展迈进，说明“十一五”期间湖北省社会经济的发展能够得到良好的水资源条件的支撑，水资源水平也在社会经济发展的进程中得到提高，二者协调发展。从 2011 年开始，协调度 C 出现了下降，并一直持续到 2013 年，但整个 2006~2015 年间，二者依然处于较高的协调状态。总体来看，湖北省水资源与社会经济协调度表现出比较高的水平，平均值达到了 0.9371，表明湖北省水资源与社会经济之间的相互作用较强，二者之间的关联性很强。协调发展度 D 自 2011 年出现了一定幅度的下降，但在 2013 年又回升向上增长的态势。究其原因在于“十二五”初期，由于社会经济处于产业结构调整、发展方式转变的“三期叠加”时期^[21]，造成社会经济与水资源的协调发展水平较 2010 年有一定程度

的下降，经过 2011~2013 年的调整，2014 年始又恢复到增长的轨道。总的来看，二者依然能够保持稳定向上增长的态势，只是增速有所放缓。根据之前协调发展度等级划分标准，二者由 2006 年的低级协调发展，到 2008 年达到初级协调，经过中级协调发展，到 2010 年达到高级协调发展，并保持在该层级的协调发展水平。这主要是由于湖北省在大力发展社会经济的同时，注重提升水资源的综合利用与管理水平，并通过社会经济的发展带动水资源基础能力的加强，发展高效节能用水产业，增强社会公众节约高效用水意识。

2.2.2 时空变化特征分析

基于协调发展度模型，对湖北省 2006~2015 年 17 个地级市的水资源与社会经济进行耦合分析，其协调发展度 D 计算结果如表 4 所示。

表 4 湖北省地级市水资源与社会经济协调发展度

地级市	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	平均值
武汉	0.61	0.65	0.668	0.735	0.754	0.656	0.695	0.663	0.644	0.703	0.679
黄石	0.378	0.549	0.605	0.584	0.732	0.716	0.749	0.681	0.764	0.791	0.655
襄阳	0.551	0.617	0.654	0.632	0.727	0.754	0.719	0.71	0.7	0.721	0.678
荆州	0.382	0.55	0.494	0.669	0.749	0.694	0.732	0.765	0.716	0.811	0.656
宜昌	0.535	0.661	0.691	0.636	0.789	0.779	0.75	0.688	0.747	0.793	0.707
十堰	0.512	0.623	0.604	0.636	0.805	0.744	0.708	0.613	0.722	0.713	0.668
孝感	0.505	0.617	0.638	0.605	0.725	0.776	0.695	0.715	0.682	0.743	0.67
黄冈	0.404	0.521	0.606	0.647	0.758	0.775	0.793	0.759	0.794	0.845	0.69
鄂州	0.341	0.54	0.604	0.646	0.781	0.729	0.712	0.779	0.815	0.836	0.678
荆门	0.471	0.558	0.602	0.66	0.718	0.752	0.704	0.669	0.74	0.813	0.669
仙桃	0.372	0.508	0.529	0.698	0.745	0.751	0.709	0.755	0.751	0.838	0.666
天门	0.361	0.521	0.611	0.639	0.706	0.69	0.742	0.826	0.8	0.884	0.678
潜江	0.387	0.492	0.643	0.637	0.789	0.745	0.769	0.793	0.787	0.892	0.693
随州	0.32	0.47	0.593	0.607	0.703	0.716	0.64	0.68	0.767	0.778	0.627
咸宁	0.471	0.535	0.622	0.643	0.781	0.774	0.779	0.683	0.73	0.79	0.681
恩施	0.203	0.308	0.501	0.607	0.705	0.786	0.834	0.868	0.904	0.915	0.663
神农架	0.476	0.573	0.637	0.628	0.719	0.757	0.708	0.646	0.797	0.702	0.664

为了分析 10a 间湖北省各地级市协调发展度的时序变化特征，本文引用 Spearman 秩相关系数法^[22]分析 17 个地级市的水资源综合水平、社会经济水平及二者协调发展度的变化趋势。秩相关系数法的具体公式为：

$$R_s = 1 - \left[\frac{6 \times \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \right] \quad (7)$$

$$d_i = X_i - Y_i \quad (8)$$

式中： R_s 为秩相关系数； d_i 为变量 X_i 和变量 Y_i 的差值； X_i 为周期 1 到周期 N 按评价值从小到大排列的序号； Y_i 为按时间排列的序号； N 为样本数。秩相关系数 R_s 的绝对值与秩相关系数统计表中的临界值 W_p 进行比较，如果 $|R_s| \geq W_p$ ，则表明变化趋势有

显著性意义。当为正值时表现为上升趋势，为负值时表现为下降趋势。

2006-2015 年北省 17 个地级市的水资源综合水平、社会经济水平及二者协调发展度表现出不同的时间规律特征，如图 2 所示。具体来说，对水资源综合水平 $f(x)$ ，黄石、荆州、孝感、黄冈、鄂州、仙桃、天门、潜江、咸宁、恩施这 10 个城市的水资源综合水平得到明显提高；宜昌、十堰、荆门、神农架 4 个城市的水资源综合水平有了一定的提局，但提局幅度不显著；武汉、襄阳、随州等 3 个城市出现了一定的下降趋势。对社会经济水平 $g(y)$ ，17 个地级市的发展水平都得到了提高，且均较为显著。对水资源综合水平和社会经济水平协调发展度 D ，武汉、十堰 ($D_{Rn} \leq W_p$) 的协调发展度有一定的增加，但增加的幅度不太显著。其他 15 个地级市 ($D_{Rn} \leq W_p$) 的协调发展度呈现比较显著的上升趋势。

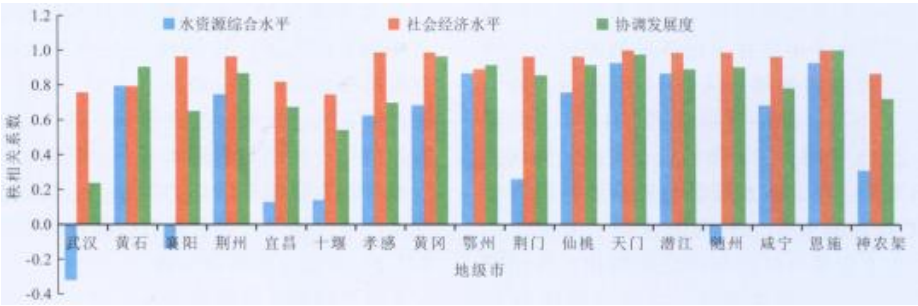


图 2 水资源综合水平和社会经济水平及二者协调发展度的秩相关系数变化

上述分析结果表明，近 10a 以来，湖北省社会经济水平不断增长至较高的水平，水资源综合水平总体呈现上升趋势，虽然期间出现了一定程度的波动，但整体水平处于中等状态。社会经济水平优于水资源综合水平，而且二者的协调发展状况呈现较为显著的上升趋势。湖北省 17 个地级市的水资源与社会经济达到了较高的协调发展状态。

2.3 协调发展度的空间差异分析

为了更加直观分析水资源综合水平和社会经济水平协调发展等级的空间差异特征，本文选取评级期内 2006 年、2010 年和 2015 年 3 个年份分别做出相应的协调发展度空间分布，如图 3 所示。从整体上看，湖北省协调发展度呈现“两极化”的空间分布特征，表现为中部、中东部地区协调发展等级较高，而西北部、西南部地区协调发展等级相对较低。



图 3 湖北省 2006、2010 和 2015 年协调发展度空间分异特征

2006 年湖北省全省协调发展度 D 均值为 0.6495，整体状况属于中等水平，多数城市协调发展度处于中级或者以上等级，个别城市协调发展度等级较低。其中武汉市作为省会城市，境内有长江、汉江两大水系，工业基础良好，产业结构较完整，现有的水资源水平、经济发展状况及二者之间的协调程度优于省内其他城市，处于极度协调发展；以恩施、黄冈为代表的城市水资

源与社会经济发展水平较低，二者的协调度等级也低，水资源水平高于社会经济发展水平，为经济滞后型，说明两城市的社会经济基础较薄弱，社会经济发展有待加强。荆州市由于战略定位及地理位置的限制，自身的工业基础发展不足，水资源条件无法得到充分合理的开发利用，处于初级协调发展，落后于周边城市，为经济滞后型。其他城市协调状况良好，集聚成片，处于中级及以上等级。

2010 年湖北省水资源与社会经济的协调发展度较“十一五”开局（2006 年）增大，有了一定幅度的提高，协调发展度或稳定在相应等级或得到提高，整体的空间均衡性更好。具体来说，水资源与社会经济的协调发展度处于高级协调发展的城市增加到 8 个，占 47.06%；处于中级协调发展的城市 6 个，占 35.29%。“十一五”期间，荆州实施“壮腰工程”，社会经济得到了大幅度的发展，水资源与社会经济的协调发展度变大，迈入了中级协调发展行列；黄冈工业经济快速成长，社会经济发展良好，水资源综合水平和社会经济水平均有一定幅度的提高，虽然经济发展依然滞后于水资源，但二者的协调发展度增长，达到初级协调发展水平；随州的协调发展度出现了一定的反弹，回落到了初级协调发展状态，为水资源滞后型，分析其原因，在于 2010 年遭受持续 3a、25 个月、60a 一遇的特大干旱，水资源综合水平发展与经济发展不相匹配，整体的协调受制于水资源的不足。

2015 年湖北省水资源与社会经济的协调发展度较 2010 年有了全面的提升，17 个地级市均达到了中级协调发展等级或以上水平。具体而言，中级协调发展城市 9 个，高级协调发展城市 5 个，二者共占 82.35%。从空间分布来看，中、高级协调发展城市呈现比较明显的集聚性，基本上集中分布在长江沿线（5 个）、汉江沿线（6 个），武汉为长江和汉江的汇合处。武汉等 5 个高级协调发展城市在经济结构调整、方式转变的 5a 间，能够较好的进行水利基础建设、合理调配区域水资源，支撑社会经济良性发展，保证水资源与社会经济的和谐发展，相互促进。以荆门为代表的 9 个中级协调发展城市中有 7 个城市为水资源滞后型，说明阻碍社会经济发展的因素主要是水资源综合水平，一定程度上导致了二者的协调发展的不均衡。十堰、襄阳、随州 3 城市的协调发展度较 2010 年均下降了一个等级，均为水资源滞后型，受自身产业结构和水资源的短缺的共同影响，这一局面有望在“鄂北水资源配置工程”建成运用后得到较大的改观。

3、结论与展望

在构建水资源综合水平与社会经济水平协调发展度评价指标体系的基础上，通过协调发展度模型，从时空尺度对湖北省 17 个地级市的水资源综合水平和社会经济水平及二者的协调度及协调发展度进行耦合性分析，结论主要包括：

（1）湖北省 17 个地级市的水资源综合水平与社会经济水平的协调度总体上表现出较高水平，平均值达到 0.9360，协调发展度除“十二五”初期（2011~2013 年）出现小幅度下降外，总体上表现出上升趋势。湖北省水资源与社会经济的协调发展状况呈现显著的上升趋势。

（2）2006~2015 年湖北省水资源与社会经济的协调发展度空间分异规律，较好地体现了区域发展的集聚特征，以武汉市为中心的武汉城市圈中的鄂州、黄石等以及汉江沿线的潜江、天门、仙桃三市，呈现出比较明显的中级协调发展集聚性，随着社会的发展，协调发展度的等级有所提高。在总体上表现为中、东部城市比西、西南部城市的协调发展度状况好。

（3）总体来看湖北省 17 个地级市社会经济水平得到明显提高，水资源综合水平与社会经济水平的协调发展度均稳步上升；除武汉、襄阳、随州 3 个市的水资源综合水平有一定幅度的下降外，其他城市基本保持了增长的趋势。随着产业结构优化升级、增长方式转变等多种措施的实施，武汉市维持经济总量继续稳定增长，使水资源与之协调发展。襄阳、随州二城，有望在“鄂北水资源配置工程”运行后，一定程度上改变目前水资源不足的状况，支撑不断发展的社会经济，向高级协调发展迈进。

在新的形势下，不同区域城市应结合自身发展定位、水资源现状及水利工程调配能力，制定适合本地区的经济发展战略，加快转变经济发展方式，推动产业结构优化升级，以经济实力投入到水利工程的建设与维护中，加强二者的协调发展，实现“水资源支撑社会经济发展，社会经济发展推动水资源水平提升”的协调发展模式，促进水资源与社会经济可持续健康的稳步发展。

[参考文献]:

- [1]宿 华. 松辽流域水资源保护与社会经济协调发展的战略思考[J]. 水资源保护, 1993 (01): 21-24.
- [2]吕胜利, 宋秉芳, 王建武, 等. 石羊河流域武威平原区水资源与工农业协调发展的动力学模拟[J]. 开发研究, 1994 (02): 53-55.
- [3]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 (04): 8-11.
- [4]熊建新, 陈端吕, 彭保发, 等. 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异[J]. 地理科学, 2014 (09): 1108-1116.
- [5]周校培, 陈建明. 南京市水资源与社会经济耦合协调发展研究[J]. 水利经济, 2016 (04): 26-30.
- [6]姜诗慧, 彭剑峰, 宋永会, 等. 沈阳市 2005~2012 年水足迹与水资源承载力分析[J]. 环境工程技术学报, 2017, 7 (1): 15-23.
- [7]方 芳. 朝阳市水资源利用与区域经济增长模型研究与相关性分析[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 2 (45): 17-20.
- [8]杜俊平, 陈年来, 叶得明, 等. 干旱区水资源与区域协调发展的时空特征研究——以河西走廊为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 4 (38): 161-169.
- [9]HAN R, ZHAO M. Evaluation on the coordination of economy and environment with scarce water resources in Shandong Peninsula, China[J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 13: 2236-2245.
- [10]钟世坚. 区域资源环境与经济协调发展研究——以珠海市为例[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [11]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 (10): 44-47.
- [12]WANG Q, YUAN X, CHENG X, et al. Coordinated development of energy, economy and environment subsystems——A case study[J]. Ecological Indicators, 2014, 46: 514-523.
- [13]吴跃明. 论环境——经济系统协调度[J]. 环境污染与防治, 1997, 19 (2): 20-23.
- [14]姚 晔, 黄桐城. 经济环境协调标准与辅助决策模型的若干修正[J]. 技术经济与管理研究, 2002 (05): 29-30.
- [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]. 热带地理, 1999, 19 (2): 171-177.
- [16]VEFIE L. The penguin dictionary of physics[M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996: 92-93.
- [17]MA L, JIN F, SONG Z, et al. Spatial coupling analysis of regional economic development and environmental pollution in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2013, 23 (3): 525-537.

-
- [18]王 畅. 湖北省水资源生态足迹研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2013.
- [19]李 罡. 湖北省水资源承载力评价研究[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2011.
- [20]张广海. 旅游产业结构水平与城市发展水平耦合协调发展度的时空特征分析——以山东省为例[J], 经济管理, 2013(5): 128-138.
- [21]王素娟. 适应“三期叠加”新常态把握全面深化改革着力点[J]. 求知, 2015(11): 53-55.
- [22]庞南生, 张洪青. 一种基于 Spearman 秩相关系数与熵的多属性决策方法[J]. 运筹与管理, 2003(05): 52-56.