

水资源利用与经济社会发展匹配度计算方法及应用

左其亭,赵 衡,马军霞,臧 超

(郑州大学水科学研究中心,河南 郑州 450001)

摘要:为了对水资源利用与经济社会发展匹配程度进行量化计算,提出了一种基于数列的时间和空间的匹配度计算方法,并应用该方法分别计算了我国不同省级行政区水资源利用与经济社会发展匹配度以及河南省逐年时间上的匹配度、不同行政分区空间上的匹配度。计算结果表明:水资源利用与经济社会发展不匹配的原因有两种,一是经济社会发展快而水资源相对缺乏,二是经济社会发展缓慢而水资源却比较丰富;该方法能够较好地反映研究区域不同时间和空间的水资源利用与经济社会发展的匹配程度,能够深层次揭示两者不匹配的原因。

关键词:水资源利用;匹配度;经济社会发展;经济社会格局;数列;协调发展

中图分类号:TV213.4;F407.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2014)06-0001-06

A calculation method and its application on the matching degree of the water resources utilization and socio-economic development//ZUO Qiting, ZHAO Heng, MA Junxia, ZANG Chao (Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: To calculate the matching degree of water utilization and socio-economic development, this paper presents a time and space calculation method based on the data sequence. This method was used to calculate the matching degree of different provinces in China. Additionally, the temporal year-to-year matching degree of Henan Province and spatial matching degree of different districts in Henan Province were calculated. The results showed that there are two reasons for mismatching: one is the fast social and economic development under the condition of water deficient, the other is the relative slow social and economic development in spite of rich water resources. This method can better reflect the matching degree of water resources utilization and socio-economic development at different time and in various spaces. Meanwhile it also can deep reveal the causes of mismatch.

Key words: water resources utilization; matching degree; social and economic development; social and economic pattern; data sequence; coordinated development

水资源不仅是自然资源,还是经济资源,是经济社会持续稳定发展的制约因素,同时为了实现经济社会的可持续发展,也需要保证水资源空间分配的合理性。目前我国水资源时空分布不均,水资源分布与区域经济、人口、产业布局、耕地资源等不相匹配,并且随着我国城镇化进程的加快,水资源过度开发和污染的问题凸显^[1],水资源利用问题众多,供需矛盾异常突出^[2]。因此需要对水资源利用与经济社会发展的匹配程度进行研究,这不仅能够反映水资源的利用程度、节约水平、水利工程的投资力度以及区域经济的发展潜力等众多问题,还能为区域发展规划和产业布局提供依据,为改变水资源的传统使用模式,实现经济社会可持续发展奠定基础。

对匹配关系问题的研究大多数采用基尼系数间

接进行分析。例如张晓涛等^[3]对黄河流域各行政区经济发展与水资源利用的匹配情况进行了分析;刘洋等^[4]建立了区域水资源空间匹配度计算模型,对辽宁省水资源的空间匹配状况进行了分析;孙才志等^[5]采用虚拟水方法,分析了中国农产品与资源环境各个经济要素之间的匹配关系;张吉辉等^[6]以水资源分布和配置相关数据为基础,对水资源与经济发展要素的匹配演变规律进行了分析。同时还有学者对水资源管理与水系统出现的复杂问题之间的匹配关系进行了研究,以帮助企业了解水问题对企业运行的影响以及对管理权力分配的影响^[7]。但是对水资源利用与经济社会匹配程度的直接定量分析却比较少见,本文提出基于数列的匹配度计算方法,并将该方法应用于水资源利用与经济社会发展

的匹配度计算中,定量计算两者的匹配度,以期通过匹配度的计算反应现存问题,为水资源调配、管理以及地区综合发展提供理论支撑。

1 水资源利用与经济社会发展匹配问题

1.1 我国水资源分布与经济社会发展之间的匹配问题

我国水资源地区分布不均,总体上水资源分布南方多,北方少;东部多,西部少;山区多,平原少;其中长江流域及其以南的珠江、浙闽台诸河、西南诸河等流域,水资源量占全国水资源总量的 81%,人均水资源量为全国平均水平的 1.6 倍,GDP 占全国总量的 56%,与水资源占有量相比,经济发展还有很大潜力;辽河、海滦河、黄河、淮河流域,水资源总量仅占全国总量的 19%,特别是海滦河流域,人均水资源占有量为全国平均水平的 16%,但是这些流域的 GDP 产值却占全国总产值的 44%,水资源成为限制这些地区经济发展的主要因素。此外,区域间水资源开发利用程度差别很大,开发过度与开发不足并存,北方地区除松花江流域外,水资源开发利用程度在 40% ~ 101% 之间,其中海河水资源供水量已经超过多年平均水资源量,水资源的过度开发利用已经引起了一系列的生态环境问题;而南方的水资源开发利用程度仅为 35%,远低于北方地区,水资源开发利用尚有一定的潜力。

匹配是两种或两种以上系统或系统要素之间正相关或负相关的配合关系,是描述事物之间对称关系的概念。比如,水资源与经济社会之间的匹配,就是认为“水资源匮乏地区,经济社会不发达;水资源丰富地区,经济社会发达”;再比如,一个人的水平与贡献之间的匹配,就是认为“水平高的人,贡献大;水平低的人,贡献小”。实际上,自然界和人类社会很多事情并不是完全匹配,匹配也并不一定是一种好的状态。

目前我国水资源的空间分布与区域经济的发展布局总体不匹配,有些水资源丰富的地区经济发展相对落后,或者水资源缺乏的地区经济发展迅速,使得水资源的地域性差别成为制约经济发展的重要因素。详细分析不匹配的原因,将为水资源调配与管理,以及制定经济发展方向、产业格局的调整方向等提供支撑。

1.2 水资源与经济社会协调发展

协调是两种或两种以上系统或系统要素之间配合得当、和谐一致、良性循环的关系,是描述事物之间良性相互关系的概念^[8]。发展是指系统或系统组成要素本身从简单到复杂、由低级到高级、从无序

到有序的变化过程,是描述事物运动变化的概念^[9]。协调发展则是协调和发展的交集,是系统及其要素之间在和谐一致的基础上由低级到高级、简单到复杂、无序到有序的总体演化过程^[9]。水资源系统与经济社会系统、生态环境系统之间存在着相互依存相互制约的关系,水资源开发利用为经济社会发展提供用水支撑,是经济社会可持续发展的重要制约因素,而经济发展则为水资源开发利用和保护提供了必要的资金和技术支持。水资源与经济社会的协调发展,是指水资源与经济社会的良性循环发展,是消除不合理用水,提高水资源利用效率,控制环境污染条件下,维持经济社会可持续发展的较好状态。

目前在影响区域经济发展的诸多外部因素中,水资源状况正在起着越来越大的作用,水资源的多少和好坏直接影响着区域的经济发展水平。在大力发展经济的过程中,由于缺乏科学用水和保护水资源的理念,对水资源过度开发利用,造成水生态环境破坏,影响了水资源的可持续利用。因此需要使经济发展与水资源承载能力相适应,实现水资源与经济社会协调发展的目标^[10]。

1.3 水资源与经济社会和谐发展

本文第一作者将和谐定义为:为了达到“协调、一致、平衡、完整、适应”关系而采取的行动^[11]。人水和谐发展是指人文系统与水系统相互协调的良性循环状态,即在不断改善水系统自我维持和更新能力的前提下,使水资源能够为人类生存和经济社会的可持续发展提供久远的支撑和保障^[12]。人水和谐涉及社会、经济、资源、环境、生态等多个复杂系统以及他们之间的相互关系^[13],本文第一作者等采用和谐论的研究方法对其进行了大量的研究,包括河流健康评估^[14]、人类活动对河湖水系连通的影响评估^[15]以及水资源管理^[16]等。水资源与经济社会的和谐发展属于人水和谐发展的研究范畴,是两者共同发展的最高目标,即为了满足经济社会的发展需求,对河流进行的开发、利用和改造,应当保持河流的可持续利用,不能损坏河流的自然过程。

1.4 匹配与协调、和谐的关系

匹配是对“两种或两种以上系统或系统要素之间配合关系”的一种描述,匹配并不一定是一种好的状态,匹配并不一定就是协调发展,协调发展也不一定达到和谐目标;所以,3 个概念是有区别的,一般从低到高的层次关系是:匹配→协调→和谐。分析匹配程度,可为进一步研究协调关系、和谐关系奠定基础。

为了实现水资源与经济社会的协调、和谐发展,

首先要分析两者的匹配程度。定量计算不同区域水资源的利用情况和经济社会发展状况的匹配度,并对其进行分析评价,了解不同地域水资源支撑能力、经济社会的发展速度与发展方向,是实现水资源优化配置的前提和基础。如果两者匹配状况良好,说明该地区建立了良好的适水产业布局;如果两者的匹配状况较差,则可以根据地区的产业结构、水资源利用效率、节水意识、节水型器具使用情况进行分析,找出不匹配的原因,并提出相应的措施改变其不匹配的现状。另外,从国家层面,可以进一步优化水资源调配和经济社会发展布局。

本文旨在提出基于数列的匹配度计算方法,匹配度是定量度量系统之间或者系统各要素之间匹配程度好坏的指标,用来度量区域不同发展阶段水资源与经济社会的匹配状况。

2 基于数列的匹配度计算方法

2.1 空间上的匹配度计算方法

假设需要分析计算变量 X 和 Y 的匹配度,在研究空间上有 K 个单元,各个单元变量 X 和 Y 的值分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_K, y_K)$ 。可以用下列方法计算得到不同单元 X 和 Y 的匹配度:

a. 可以对 K 个单元的 X 值 $x_1, x_2, \dots, x_K$ 从小到大进行排序,对应的序号为 $n_1, n_2, \dots, n_K$ (最小为 1, 最大为 K)。同样,对 K 个单元的 Y 值 $y_1, y_2, \dots, y_K$ 从小到大进行排序,对应的序号为 $m_1, m_2, \dots, m_K$ (最小为 1, 最大为 K)。①如果 X 值越大而 Y 值也越大时,两个变量越匹配,则匹配度计算公式为

$$a_i = 1 - \frac{|n_i - m_i|}{K - 1} \quad (i = 1, 2, \dots, K) \quad (1)$$

可以根据序号的差异来度量变量之间的匹配度。当 $n_i = m_i$ 时,完全匹配,匹配度 $a_i = 1$;反之当 n_i 与 m_i 序号相差越大时,匹配越差,匹配度 a_i 越接近于 0。②如果 X 值越大而 Y 值越小时,两个变量越匹配,则匹配度计算公式为

$$a_i = 1 - \frac{|n_i + m_i - K - 1|}{K - 1} \quad (i = 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

这种情况下,当 n_i 与 m_i 差距越大,匹配度 a_i 越接近 1;反之当 n_i 与 m_i 的差距越小,匹配度 a_i 越接近于 0。

b. 另外,可以按照各个单元上,变量的具体数值占研究区该变量总值的比例进行匹配度的计算,同样分为两种情况,计算公式如下:

$$a_i = 1 - \frac{|r_i - s_i|}{\max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)} \quad (3)$$

$$a_i = 1 - \frac{|r_i + s_i - \max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)|}{\max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)} \quad (4)$$

$$\text{其中 } r_k = \frac{x_k}{\sum_{i=1}^K x_i} \quad s_k = \frac{y_k}{\sum_{i=1}^K y_i} \quad (k = 1, 2, \dots, K)$$

2.2 时间上的匹配度计算方法

如果对具体的研究区域不同时间段内,不同变量之间的匹配度进行分析计算,可以按照需要,将研究时段分为 T 个时间段,分时段变量值分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_T, y_T)$ 。同样对这些指标值进行排序,序号为 $n_1, n_2, \dots, n_T; m_1, m_2, \dots, m_T$ 。则分时段变量间的匹配度的计算公式在两种情况下变为

$$a_j = 1 - \frac{|n_j - m_j|}{T - 1} \quad (j = 1, 2, \dots, T) \quad (5)$$

$$a_j = 1 - \frac{|n_j + m_j - T - 1|}{T - 1} \quad (j = 1, 2, \dots, T) \quad (6)$$

同样地,也可以按照分时段内,变量的具体数值占研究时段内该变量总值的比例进行匹配度的计算。计算公式为

$$a_j = 1 - \frac{|r_j - s_j|}{\max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)} \quad (7)$$

$$a_j = 1 - \frac{|r_j + s_j - \max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)|}{\max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)} \quad (8)$$

$$\text{其中 } r_k = \frac{x_k}{\sum_{j=1}^T x_j} \quad s_k = \frac{y_k}{\sum_{j=1}^T y_j} \quad (k = 1, 2, \dots, T)$$

2.3 匹配度划分标准

依据匹配度的定义,可以人为划定匹配度大于或等于 0.8 为匹配;0.8 和 0.6 之间为较匹配;小于或等于 0.6 为不匹配。根据该标准,对不同变量之间的匹配度进行分析计算。

3 实例分析

如果对不同区域或不同时间段内,水资源利用与经济社会发展之间的匹配度进行计算,可以分别选取人均用水量和人均 GDP 作为代表性变量,采用上述方法定量计算两者之间的匹配度。

3.1 我国不同省级行政区水资源利用与经济社会发展之间的匹配度计算

依据 2008 年《中国水资源公报》全国不同省级行政区的人均用水量和人均 GDP 产值数据,采用公式(1)根据排序的方法进行计算,结果见表 1。

从表 1 计算结果来看,匹配程度较好的区域有江苏、福建、湖北、四川、内蒙古、重庆,说明这些区域当前人均用水量与人均 GDP 相匹配。匹配较差的区域有山西、宁夏、广西、山东、西藏、北京、天津,其不匹配的原因有两种:一是水资源相对丰富,但经济发展相对落后,比如广西、西藏、宁夏,这些区域的水资源可以支撑经济社会的进一步发展,经济发展具

表1 2008年我国不同省级行政区水资源利用与经济社会发展之间的匹配度

省级行政区	人均GDP/万元	人均用水量/m ³	人均GDP从小到大排序序号	人均用水量从小到大排序序号	匹配度
北京	6.303	211	30	3	0.10
天津	5.547	195	29	2	0.10
河北	2.324	280	20	9	0.63
山西	2.040	167	18	1	0.43
内蒙古	3.221	730	24	26	0.93
辽宁	3.126	332	23	11	0.60
吉林	2.351	381	21	13	0.73
黑龙江	2.173	777	19	28	0.70
上海	7.314	639	31	24	0.77
江苏	3.962	730	27	27	1.00
浙江	4.221	426	28	14	0.53
安徽	1.448	435	5	15	0.67
福建	3.013	551	22	21	0.97
江西	1.478	534	6	20	0.53
山东	3.308	234	25	5	0.33
河南	1.959	242	15	6	0.70
湖北	1.986	475	16	17	0.97
湖南	1.752	508	11	19	0.73
广东	3.759	486	26	18	0.73
广西	1.497	647	7	25	0.40
海南	1.718	552	9	22	0.57
重庆	1.803	293	13	10	0.90
四川	1.538	255	8	7	0.97
贵州	0.882	270	1	8	0.77
云南	1.259	338	3	12	0.70
西藏	1.387	1315	4	30	0.13
陕西	1.825	228	14	4	0.67
甘肃	1.211	466	2	16	0.53
青海	1.739	621	10	23	0.57
宁夏	1.789	1208	12	29	0.43
新疆	1.989	2500	17	31	0.53

有很大的潜力,尤其是西藏的经济发展潜力最大;二是水资源相对缺乏,而经济发展相对较快,比如北京、天津,山东、山西,说明这些区域的发展较快,水资源利用效率相对较高,在当前水资源量的限制条件下,水资源与经济社会发展不匹配,同时也说明了这些地区的经济发展已经到了瓶颈,进一步的发展需要考虑外调水等方式增加可用水资源量。针对具体的省(市、区),还需要结合实际情况进行分析,探讨匹配关系与地区缺水状况之间的关系,同时针对省(市、区)内分布不均的情况,需要在更小的尺度上进行分析,才能得到省(市、区)不同行政分区水资源与经济社会的匹配程度。

3.2 河南省逐年水资源利用与经济社会发展之间的匹配度计算

上文计算了不同变量空间的匹配度,下面再计算时间系列的匹配度。以河南省为例,计算河南省2003—2011年水资源利用与经济社会发展之间的匹配度。相关数据来源于2003—2011年《河南省水

资源公报》。采用公式(7)进行匹配度的计算,结果见表2。

表2 2003—2011年逐年河南省水资源利用与经济社会发展之间的匹配度

年份	人均GDP/万元	人均用水量/m ³	不同年份人均GDP占总值的比例	不同年份人均用水量占总量的比例	匹配度
2003	0.727	194	0.0484	0.0947	0.68
2004	0.907	207	0.0604	0.1011	0.71
2005	1.127	211	0.0751	0.1030	0.80
2006	1.331	242	0.0887	0.1182	0.79
2007	1.601	223	0.1067	0.1089	0.98
2008	1.959	242	0.1305	0.1182	0.91
2009	2.048	247	0.1364	0.1206	0.89
2010	2.445	238	0.1629	0.1162	0.67
2011	2.866	244	0.1909	0.1191	0.50

从表2可以看出,2003—2011年河南省经济社会发展较快,人均GDP持续增长,而人均用水量在经历了相对增长期后,开始趋于平稳,两者之间的匹配度在2007年达到最大值,而后逐步下降,这主要是2007年以前,经济社会快速发展,水资源量能够满足发展需求,两者同步增加,匹配度逐渐增加。2007—2009年,由于水资源短缺的限制,水资源量无法承载经济社会的进一步发展对增加需水的要求,只能采取提高水资源利用效率的方式满足发展的需求。2010年以后,水资源利用情况趋于稳定,而经济社会依然持续增长,匹配度进一步降低,但是人们节水意识逐渐增强,水资源利用效率在技术推进和资金支持的基础上逐步提高,同时也说明了水资源成为经济社会进一步发展的制约性因素。

3.3 河南省不同行政分区水资源利用与经济社会发展之间的空间匹配度计算

前文已对水资源利用与经济社会发展之间空间上的匹配度和时间上的匹配度分别进行了分析计算,但是针对较大单元内水资源和经济社会发展分布不均的情况,还需要在更小的尺度上进行匹配度的分析计算以得到更加详细的结果。因此根据上述计算结果,选择匹配程度处于中等的河南省为例进行分析。利用2000—2009年《河南省水资源公报》和《河南统计年鉴》中的相关数据,采用公式(3)计算2000年、2005年以及2009年河南省各行政分区水资源利用与经济社会发展之间的匹配度,计算结果见表3。

从表3可以看出,2009年郑州市的匹配度最差,主要是经济社会发展较快,而水资源相对缺乏引起的。如果要实现水资源与经济社会的协调发展,必须要大力发展节水器具,提高水资源利用效率或者通过调水等方式,增加水资源量。开封市和濮阳市从2000—2009年的匹配度持续下降,在经济社会

表3 河南省各行政分区水资源利用与经济社会发展之间的匹配度

行政分区	2000 年			2005 年			2009 年		
	人均 GDP/ 万元	人均用水量/ m ³	匹配度	人均 GDP/ 万元	人均用水量/ m ³	匹配度	人均 GDP/ 万元	人均用水量/ m ³	匹配度
郑州市	1. 174	232	0. 35	2. 547	243	0. 37	4. 423	261	0. 38
开封市	0. 488	291	0. 75	0. 857	286	0. 67	1. 657	402	0. 40
洛阳市	0. 683	198	0. 79	1. 738	212	0. 69	3. 117	213	0. 64
平顶山市	0. 568	171	0. 84	1. 141	179	0. 90	2. 308	199	0. 85
安阳市	0. 497	253	0. 86	1. 047	296	0. 74	2. 158	260	0. 94
鹤壁市	0. 614	400	0. 59	1. 298	357	0. 70	2. 537	353	0. 80
新乡市	0. 525	379	0. 55	0. 988	291	0. 72	1. 799	318	0. 67
焦作市	0. 700	327	0. 88	1. 715	352	0. 93	3. 136	403	0. 84
濮阳市	0. 589	358	0. 68	1. 075	390	0. 50	1. 886	429	0. 39
许昌市	0. 664	175	0. 75	1. 347	195	0. 84	2. 623	165	0. 66
漯河市	0. 664	252	0. 95	1. 276	161	0. 79	2. 378	157	0. 71
三门峡市	0. 777	163	0. 59	1. 512	169	0. 69	3. 159	197	0. 58
南阳市	0. 496	215	0. 96	0. 983	182	0. 99	1. 700	230	0. 88
商丘市	0. 362	176	0. 92	0. 688	134	0. 99	1. 278	184	0. 88
信阳市	0. 339	209	0. 81	0. 648	149	0. 93	1. 378	206	0. 85
周口市	0. 333	131	0. 99	0. 558	116	0. 97	1. 065	181	0. 82
驻马店市	0. 348	103	0. 90	0. 601	108	0. 99	1. 171	124	0. 99
济源市	0. 929	318	0. 84	2. 186	373	0. 89	4. 218	345	0. 67

发展的同时,用水量猛增,这一方面说明这些地区水资源利用效率不高,节水意识不强,水资源浪费情况严重,另一方面也说明了其经济发展还有很大的发展潜力。洛阳匹配度也缓慢减小,但原因与开封和濮阳不同,它是经济社会发展较快,但水资源量并没有随之急剧增加,而是通过提高水资源利用效率来保障该地区快速经济发展,实现协调发展。鹤壁市的匹配度缓步上升,主要是在保证经济发展的同时,通过节约用水,提高水资源利用效率等方式,维持用水量的逐步下降,达到了两者的匹配发展。驻马店市的匹配度变化不大,一直较高,这是由于这7年内该市经济发展和用水量所处的排名位置基本没有太大变化引起的。

4 结 语

我国正处于经济的迅速发展时期,而水资源可利用量与区域经济社会发展状况的匹配程度分析对于实施水资源的合理配置较为重要。本文给出了基于数列的匹配度计算方法,并运用该方法对全国不同省级行政区和河南省各行政分区的水资源与经济社会匹配程度进行了空间分析,对河南省进行了时间序列分析。计算结果表明,所采用的计算方法在一定程度上可以反应水资源与经济社会的匹配程度。但是影响水资源利用状况的因素较多,例如科技发展水平影响水资源利用率和污水处理率,而供水设施和节水设施的投资及使用状况影响水资源回用率,产业布局、公众节水意识和节约用水宣传教育力度等均影响水资源利用量,而水资源可利用量和

利用情况直接影响着经济社会的发展速度。因此,具体问题需要具体分析,弄清造成不匹配的具体原因,才能为管理和规划部门提供更科学的理论依据,实现水资源与经济社会的协调、和谐发展。本文提出的计算方法只是阶段性研究成果,对匹配度计算考虑的指标还比较少,在今后的研究中,如何在匹配度计算中纳入更多的表征指标,将影响匹配度的因素纳入匹配度计算中,同时考虑不同的水资源利用类型和不同的经济社会发展情况,更加准确地评价水资源与经济社会的匹配程度,将是进一步研究的重点。

参考文献:

[1] ZUO Qiting, CUI Guotao. Chemical leaks contaminate Chinese river: viewing environmental emergency response of China [J]. Environmental Earth Sciences, 2013, 69 (8) : 2801-2803.

[2] 宋先松,石培基,金蓉. 中国水资源空间分布不均引发的供需矛盾分析[J]. 干旱区研究,2005,22(2):162-166. (SONG Xiansong, SHI Peiji, JIN Rong. Analysis on the contradiction between supply and demand of water resources in China owing to uneven regional distribution [J]. Arid Zone Research, 2005, 22 (2) : 162-166. (in Chinese))

[3] 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. (ZHANG Xiaotao, YU Fawen. Analysis of the matching status between economic development and water resources in the Yellow River Basin [J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22 (10) : 1-6. (in Chinese))

[4] 刘洋,金凤君,甘红. 区域水资源空间匹配分析[J]. 辽

- 宁工程技术大学学报, 2005, 24 (5): 657-660. (LIU Yang, JIN Fengjun, GAN Hong. Analysis of spatial match of regional water resource [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2005, 24 (5): 657-660. (in Chinese))
- [5] 孙才志, 刘玉玉, 张蕾. 中国农产品虚拟水域资源环境经济要素的时空匹配分析[J]. 资源科学, 2010, 32 (3): 512-519. (SUN Caizhi, LIU Yuyu, ZHANG Lei. Analysis on the spatial-temporal matching of crops virtual water versus resources-environment-economy factors in China [J]. Resources Science, 2010, 32 (3): 512-519. (in Chinese))
- [6] 张吉辉, 李健, 唐燕. 中国水资源与经济发展要素的时空匹配分析[J]. 资源科学, 2012, 34 (8): 1546-1555. (ZHANG Jihui, LI Jian, TANG Yan. Analysis of the spatio-temporal matching of water resource and economic development factors in China [J]. Resources Science, 2012, 34 (8): 1546-1555. (in Chinese))
- [7] KUNZ N C, MORAN C J, KASTELLE T. Implementing an integrated approach to water management by matching problem complexity with management responses: a case study of a mine site water committee [J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 52 (8): 362-373.
- [8] 杨士弘. 广州城市环境与经济协调发展预测及调控研究[J]. 地理科学, 1994, 14 (2): 136-143. (YANG Shihong. A study on the forecast and regulation of coordinated development of urban environment and economy in Guangzhou [J]. Scientia Geographica Sinica, 1994, 14 (2): 136-143. (in Chinese))
- [9] 汪党献, 王浩, 倪红珍, 等. 水资源与环境经济协调发展模型及其应用研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011: 4-5.
- [10] 曹永强, 伊吉美, 邢晓森, 等. 辽宁省水资源利用与社会经济的协调发展量化分析[J]. 水力发电学报, 2012, 29 (1): 80-84. (CAO Yongqiang, YI Jimei, XING Xiaosen, et al. Quantitative analysis on harmonious socio-economy development with water resources utilization in Liaoning Province [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2012, 29 (1): 80-84. (in Chinese))
- [11] 左其亨. 和谐论的数学描述方法及应用[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7 (4): 129-133. (ZUO Qiting. Mathematical description method and its application of harmony theory [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7 (4): 129-133. (in Chinese))
- [12] 左其亨, 张云, 林平. 人水和谐评价指标及量化方法研究[J]. 水利学报, 2008, 39 (4): 440-447. (ZUO Qiting, ZHANG Yun, LIN Ping. Index system and quantification method for human-water harmony [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39 (4): 440-447. (in Chinese))
- [13] 左其亨, 张云. 人水和谐量化研究方法及应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009: 1-10.
- [14] 李可任, 左其亨. 基于和谐论的黄河下游河段健康评价[J]. 水电能源科学, 2013, 31 (1): 68-71. (LI Keren, ZUO Qiting. Health assessment of lower reaches of Yellow River based on harmony theory [J]. Water Resources and Power, 2013, 31 (1): 68-71. (in Chinese))
- [15] 崔国韬, 左其亨. 人类活动对河湖水系连通关系的影响及量化评估[J]. 水资源研究, 2012, 1 (5): 326-333. (CUI Guotao, ZUO Qiting. Analysis and quantitative evaluation of human activities affecting river system network interconnected relationship [J]. Journal of Water Resources Research, 2012, 1 (5): 326-333. (in Chinese))
- [16] ZUO Qiting, MA Junxia, TAO Jie. Chinese water resource management and application of the harmony theory [J]. Journal of Resources and Ecology, 2013, 4 (2): 165-171.

(收稿日期: 2013 - 09 - 11 编辑: 熊水斌)

· 简讯 ·

2014 年高面板堆石坝安全性研究及软岩筑坝技术进展研讨会在南京召开

为总结和交流高面板堆石坝安全性研究最新成果及软岩筑坝技术最新进展, 由中国水力发电工程学会混凝土面板堆石坝专业委员会主办、河海大学承办的 2014 年高面板堆石坝安全性研究及软岩筑坝技术进展研讨会于 2014 年 9 月 25 日在江苏南京召开。全国水利水电工程设计、施工、建设、监理以及相关高校和科研等 45 家单位的约 110 名专家和学者参加了会议, 中国工程院马洪琪院士和国际大坝委员会荣誉主席、中国大坝协会秘书长贾金生出席会议。

会上, 马洪琪院士作了特邀报告“高面板堆石坝安全性研究技术进展”, 总结了国内 200 m 级高面板堆石坝建设经验与存在问题, 探讨了 250 ~ 300 m 级超高面板堆石坝安全建设面临的主要技术问题, 介绍了最新研究进展。贾金生作了特邀报告“胶结颗粒料坝研究进展”, 对近年面板坝出现的问题进行了总结, 提出了改进方向, 介绍了胶结颗粒料筑坝技术的特点及其在大坝中的应用。中国水利水电建设工程咨询有限公司总工、专委会副主任委员兼秘书长杨泽艳等 8 位专家、学者作了混凝土面板坝软岩筑坝技术进展、现代碾压堆石坝基础理论探讨与思考、300 m 高面板堆石坝安全性及关键技术研究课题介绍、高面板堆石坝安全评价方法、古水和茨哈峡等高坝安全控制指标和工程措施、筑坝材料试验研究、面板坝坝体应力变形特性、面板坝动力分析方法、安全监测技术研究与探索等专题报告。

(本刊编辑部供稿)