

协同学在水资源可持续利用评价中的应用研究

姚娜¹, 陈方¹, 甘升伟¹, 胡彩虹²

(1.太湖流域水文水资源监测中心,江苏 无锡 214024; 2.郑州大学,河南 郑州 450001)

摘要:协同学是关于开放、非平衡系统的理论,而水资源系统正是一个开放的、远离平衡态的复杂系统。以湖州市为例,以两年为步长,选取2011年、2013年、2015年水资源开发利用指标、经济社会指标,将协同学应用于湖州市水资源可持续利用评价。研究表明,将协同学应用于区域水资源可持续利用评价是可行的,可为区域水资源可持续利用评价以及区域水资源承载能力判别开辟新途径。

关键词:协同学;湖州市;水资源可持续利用;评价;水资源承载能力

中图分类号:O141.4

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)06-0029-06

水资源是人类生产、生活必不可缺的自然资源,随着全球水资源危机的加剧以及水环境质量的不断恶化,水资源短缺已演变为备受关注的世界性资源环境问题之一。受水资源自然禀赋和经济社会发展规模、阶段的影响,中国也面临着突出的水资源问题,水资源与能源、环境并列成为影响经济社会可持续发展的三大制约性因子^[1-2]。如何根据我国水资源现状进行水资源可持续开发,促进国民经济的可持续发展是迫在眉睫的问题。因此,科学评价区域水资源可持续利用能力具有重要的理论意义和实践意义。湖州市是位于太湖流域上游“两山理论”的发源地,也是全国水生态文明城市建设试点,并且是水资源承载能力监测预警机制建设试点城市之一。随着湖州市经济社会的发展及城市面积的扩大,用水需求逐年增加,水资源面临着水质污染、河道萎缩等环境问题,影响到湖州市的可持续发展^[3-4]。韩大军^[3]对湖州市水资源开发现状进行了分析并提出了相应对策;葛永铭^[4]采用能值理论探讨了湖州市1993~2007年可持续发展水平指标变化情况,研究表明湖州市可持续发展能力增强。目前尚未有学者对湖州市近年水资源可持续利用状况进行评价。

在水文水资源研究领域协同学多用于构建流域水资源配置模型及评价流域水资源系统适应性^[5-6],因

此本研究将协同学应用于湖州市水资源可持续利用评价,以期水资源可持续利用评价、水资源承载能力判别提供新的方法参考。

1 研究区概况

1.1 自然地理

湖州市地处长江下游太湖流域西南侧,浙江省北部,介于北纬30°22′~31°11′、东经119°14′~120°29′之间。全市东西长约126km,南北宽约90km,土地总面积5818km²。以东苕溪西险大塘、导流东大堤为界,分为西部山区和东部平原。

2011~2015年湖州市国内生产总值由1518.8亿元增加至2084.3亿元,年均增长率为8.2%;常住人口由292.4万人增加至295万人,年均增长率为0.2%;工业增加值由736.3亿元增加至926.2亿元,年均增长率为5.9%。

1.2 水文气象

湖州市属北亚热带季风气候区,四季分明,降水充沛,但年际变幅较大,年内时空分布不均匀;湖州市多年平均降水量约1392.4mm,新中国成立后最大年降水量为2102.6mm,最枯年降水量为729mm。该市多年平均水资源总量39.77×10⁸m³,其中多年平均地表

水资源量 $38.70 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

1.3 水资源开发利用现状

2015 年湖州市供水总量为 $16.5 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中地表水源供水量为 $16.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 地下水源供水量为 $0.08 \times 10^8 \text{m}^3$, 其他水源供水量为 $0.2 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2015 年湖州市用水量为 $16.5 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中农业用水量为 $10.4 \times 10^8 \text{m}^3$, 工业用水量为 $3.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 生活用水量为 $2.4 \times 10^8 \text{m}^3$, 生态用水量为 $0.4 \times 10^8 \text{m}^3$ 。对应耗水总量为 $8.4 \times 10^8 \text{m}^3$, 耗水率为 50.8%。

2 协同学理论与方法

2.1 理论概述

协同学是一门跨越自然科学和社会科学的横断科学, 研究系统从无序到有序转变的规律和特征^[7], 于 20 世纪 70 年代由德国著名理论物理学家赫尔曼·哈肯创立^[8]。一系列的研究表明, 只要是开放系统就可以在特定条件下呈现出非平衡的有序结构, 都可以成为协同学的研究内容。应用协同学理论方法, 可以将已取得的研究成果, 类比拓宽于其它学科, 找出影响系统变化的控制因素, 进而发挥系统内子系统间的协同作用。

序参量是协同学的基本概念之一, 表示着系统的有序结构和类型, 是所有子系统对协同运动的贡献总和。序参量来源于子系统间的协同合作, 同时也起着支配子系统行为的作用, 正确选择序参量会给问题的处理带来极大的方便^[9]。

2.2 应用基础

协同学是研究如何通过子系统的协同行动而导致系统有序演化的理论, 这也是水资源可持续利用评价的主要目的, 即通过一系列的水资源调配措施, 协调系统中水资源、社会、经济和生态环境等子系统的关系, 保持系统之间的动态平衡, 实现水资源系统的良性循环和演化^[10]。因此, 将协同学理论应用到水资源系统的研究是合理的。

按照确定序参量的原则, 根据其代表的意义是否“支配其他参量的行为并控制延缓进程”这一特性, 选择各子系统序参量。确定序参量后, 分别建立有序度评价模型、协调度评价模型、公平度评价模型及可持续性评价模型, 进而对湖州市水资源可持续利用水平进行评价。

2.2.1 有序度评价模型

协同学将有序度定义为序参量的状态函数, 表征系统有序或混乱的度量。首先以模糊数学隶属度为测

度标准, 得到各序参量对子系统的测量度; 然后应用式(1)计算各子系统的简单巨系统熵; 最后, 转化为各子系统的有序度。本研究采用孙远斌^[11]的指标分级值作为序参量分级阈值, 应用模糊数学隶属度原理计算得到子系统 S_j 中序参量的测量度, 记为 $\zeta_j = (\zeta_{j1}, \zeta_{j2}, \dots, \zeta_{jN_j}), 0 \leq \zeta_{ji} \leq 1$ 。

$$H(S_j) = - \sum_{i=1}^{N_j} P_{ji} \cdot \lg P_{ji} \quad (1)$$

$$P_{ji} = \frac{\zeta_{ji}}{\sum_{i=1}^{N_j} \zeta_{ji}}$$

式中: $H(S_j)$ 为子系统 S_j 的熵值。若记 $H_m(S_j)$ 为子系统的最大熵值, 即对应系统最无序状态, 可定义子系统有序度为

$$\mu_j = 1 - \frac{H(S_j)}{H_m(S_j)} \quad (2)$$

式中: μ_j 为子系统 S_j 的有序度, $\mu_j \in [0, 1]$, 其值越大, 表示子系统有序程度越大。

$$\mu(t) = \sum_{j=1}^3 \lambda_j \mu_j \quad \lambda_j \geq 0 \quad \sum_{j=1}^3 \lambda_j = 1 \quad (3)$$

式中: $\mu(t)$ 为水资源系统在时段 t 的有序度; λ_j 为权重系数。

2.2.2 协调度评价模型

定义系统之间或系统组成要素之间在发展演化过程中彼此和谐一致的程度成为“协同度”。已知子系统 $S_j (j=1, 2, 3)$ 的有序度为 μ_j , 发展决策偏好为 η_i , 定义 $d(t)$ 为

$$d(t) = \frac{\sqrt{\frac{A+B+C}{2}}}{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3} \quad (4)$$

其中:

$$A = \begin{vmatrix} \mu_2 & \mu_3 \\ \eta_2 & \eta_3 \end{vmatrix} \quad B = \begin{vmatrix} \mu_2 & \mu_1 \\ \eta_3 & \eta_1 \end{vmatrix} \quad C = \begin{vmatrix} \mu_1 & \mu_2 \\ \eta_1 & \eta_2 \end{vmatrix} \quad (5)$$

$$\sigma(t) = 1 - d(t)$$

式中: $\sigma(t)$ 为时段 t 的协调度。 $\sigma(t)$ 越大表明系统协调程度越高。若有一些子系统的有序度提高幅度较大, 至少一个子系统有序度下降, 则强制定义整个系统根本不协调, 体现为 $\sigma(t) = 0$ 。

2.2.3 公平度评价模型

借鉴 Matheson 公平模型^[6], 结合水资源系统有序度概念, 得到以下公平度评价模型。

令 ω_j 为子系统的公平性权重, 系统应获得的有序度为 $A_j(e_j)$, 满足系统发展需求的有序度为 $Z_j(e_j)$ 。

(1)公正程度:

$$\rho_1(t) = \sum_{j=1}^3 \omega_j \frac{u_j}{A_j(e_j)} \quad (6)$$

采用水资源系统实际有序度水平与应该获得的有序度水平之间的偏差接近程度,构造上式,式中: $\rho_1(t)$ 为水资源系统的公正程度, $\rho_1(t)=1$ 表示水资源系统有序度水平与应该获得的有序度水平之间的偏差程度为0,趋于0则表示接近于完全不公平。为公平客观的体现出偏差程度,本文 ω_j 取等权分配。

(2)平等程度:

$$\rho_2(t) = \sum_{j=1}^3 \omega_j \left[1 - \frac{|u_j^{t+1} - u_j^t|}{\max_{1 \leq t \leq T-1} \{|u_j^{t+1} - u_j^t|\}} \right] \quad (7)$$

利用不同时间段的水资源系统有序度的差异接近程度,反映水资源系统的平等程度,构造上式,式中: $\rho_2(t)$ 为水资源的平等程度, $\rho_2(t)=1$ 表示水资源系统在相邻时段的有序度水平差异程度为0,属完全相等; $\rho_2(t)$ 趋于0则表示接近完全不相等。

(3)满足需求程度:

$$\rho_3(t) = \frac{\sum_{j=1}^3 u_j}{Z_j(e_j)} \quad (8)$$

采用水资源系统实际有序度水平与系统满足发展所需求的有序度水平的比值,反映水资源系统的满足需求程度,构造上式,式中: $\rho_3(t)$ 为水资源系统的满足需求程度, $\rho_3(t)=1$ 表示水资源系统实际有序度水平满足其发展需求,属完全满足需求; $\rho_3(t)$ 趋于0表示接近完全不能满足需求。

若认为公正程度、平等程度和满足需求程度同等重要,按等权加权计算,则水资源系统的公平度为

$$\rho(t) = \frac{1}{3} [\rho_1(t) + \rho_2(t) + \rho_3(t)], \rho(t) \in [0, 1]。$$

2.2.4 可持续度评价模型

系统可持续评价模型为:

$$\theta(t) = \mu(t)^{\lambda_1} \sigma(t)^{\lambda_2} \rho(t)^{\lambda_3} \sum_{j=1}^3 \lambda_j = 1 \quad (9)$$

式中: $\theta(t)$ 为水资源系统在时段 t 内的可持续度; λ_j 为有序度、协调度和公平度的权系数,表示其在维持水资源系统可持续性中所起的作用或所处的地位。 $\theta(t) \in [0, 1]$,1表示可持续程度最高,0则表示可持续程度最低。一般对上式取等权计算,反映三者之间同等重要性。

3 应用实例

3.1 序参量的选取

基于协同学原理的水资源可持续利用评价模型,首先需确定水资源系统序参量,即水资源子系统、社会经济子系统和生态环境子系统三个子系统的序参量。其中,水资源子系统的序参量控制着水文循环规律以及水资源开发利用状况,从水资源状况、开发利用程度、水资源利用效率以及研究区域资料获取难易程度等方面确定水资源子系统序参量如下:

(1)人均水资源占有量。是目前国际上衡量一个国家或地区可再生淡水资源的公认标准指标。

(2)水资源开发利用率。反映水资源对社会经济和生态环境的支撑情况。

(3)灌溉率。反映水资源对农业活动支持的关键参量。

(4)工业用水重复利用率。反映水资源在工业生产循环利用程度的参量。

社会经济子系统的发展主要体现在社会公共福利的提高和经济的增长上,一方面要针对水资源系统,减少洪涝干旱灾害,另一方面要保持水资源的天然循环,保持水资源年际、代际人之间的公平分配。综上所述,确定序参量如下:

(1)人口密度。即单位面积土地上居住的人口数,反映世界各地人口的密集程度,反映社会稳定和经济对人口的承载能力。

(2)经济增长率。它是反映一定时期经济发展水平变化程度的动态指标,也是反映一个国家经济是否具有活力的基本指标。

(3)年人均GDP。常作为发展经济学中衡量经济发展状况的指标,是人们了解和把握一个国家或地区的宏观经济运行状况的有效工具。

(4)万元GDP用水量。反映区域用水水平及用水效率的高低。

生态环境子系统是其他子系统赖以存在的基础,是实现可持续发展的重要保证,其有序程度主要体现在由水环境、生态环境的变化,以及人类采取相应的措施和手段治理保护生态环境。因此确定生态环境子系统序参量如下:

(1)水功能区达标比例。水功能区限制纳污是“三条红线”之一,水功能区达标率可以反映社会经济发展对生态环境的压力,以及区域水质状况。

(2)废污水处理率。反映区域污水集中收集、处置设施的配套程度及人类对生产生活活动造成环境污染的补偿,是现行评价一个城市或地方污水处理工作的标志性指标。

(3)生态环境供水保证率。反映水资源对生态环境的支撑程度,即水资源优化配置模型的目标函数之一。

(4)生态环境用水量。反映社会经济对生态环境保护的支撑程度。

选取湖州市 2011 年、2013 年以及 2015 年各 12 个水资源开发利用指标作为水资源系统序参量,详见表 1。

3.2 模型计算与分析

隶属度(即测量度)计算是模型计算的第一步,本研究采用孙远斌^[7]的指标分级值作为序参量分级阈值,应用模糊数学隶属度原理^[12]计算得到子系统 S_j 中序参量隶属度,详见表 1。

表1 水资源系统序参量及隶属度计算结果
Table1 The order parameters and the membership of the water resources system

分项	序号	水资源系统序参量	2011 年	2013 年	2015 年	隶属度		
						2011	2013	2015
水资源子系统序参量	1	人均水资源占有量/ m^3	1523	1364	1348	0.63	0.54	0.53
	2	水资源开发利用率/%	44.9	45.0	41.5	0.75	0.75	0.68
	3	灌溉率/%	73.6	99.0	99.4	0.7	0.83	0.83
	4	工业用水重复利用率/%	60	60	60	0.84	0.84	0.84
社会经济子系统序参量	5	人口密度/ $人 \cdot (km^2)^{-1}$	449	501	507	0.59	0.5	0.51
	6	经济增长率/%	10.8	9	8.3	0.77	0.5	0.73
	7	年人均 GDP/万元	5.8	6.9	7.1	0.46	0.62	0.62
	8	万元 GDP 用水量/ m^3	118.8	99.7	79.2	0.7	0.64	0.58
生态环境子系统序参量	9	水功能区达标比例/%	72	74	81	0.24	0.27	0.37
	10	废污水处理率/%	68.8	70.5	83	0.79	0.85	0.73
	11	生态环境供水保证率/%	90	90	90	0.5	0.5	0.5
	12	生态环境用水量/ $10^8 m^3$	1.7	2.90	2.5	0.68	0.98	0.88

注:数据来源于湖州市统计年鉴和湖州市水资源公报

算出各序参量隶属度后,根据式(1)、(2)、(3)依次建立各子系统及复合系统的有序度模型,结合复合系统的数学描述,建立基于发展决策偏好的协调度评价模型,再依据系统有序度水平建立公平度评价模型,进而建立可持续度评价模型。在式(4)的协调度评价模型中对代表发展决策偏好的 $\eta_i(i=1,2,3)$ 按水资源、社会经济、生态环境取 2:2:3,以强调生活环境需水的重要性^[6]。各子系统有序度计算结果见表 2,复合系统综合计算结果见表 3。

表2 子系统有序度计算结果 Table2 Subsystem Degree of Ordering			
分 项	2011 年	2013 年	2015 年
水资源子系统	0.4003	0.4041	0.4075
社会经济子系统	0.4057	0.4009	0.4050
生态环境子系统	0.4316	0.4412	0.4263

由表 2 可知,水资源子系统有序度逐年递增,年均增长率为 0.4%;社会经济子系统有序度 2013 年有所

降低,2015 年有所回升,2015 年分别较 2013 年增加 1%、较 2011 年减少 0.1%;生态环境子系统有序度在 2013 年有所增加,在 2015 年有所降低,2015 年分别较 2013 年减少 3%、,较 2011 年减少 1%。总体来看,研究区域生态环境子系统平均有序度水平较高,水资源子系统其次,社会经济子系统平均有序度水平较低。

表3 模型计算结果
Table3 Themodel calculation results

年份	有序度	协调度	公平度	可持续度
2011	0.4125	0.9436	1	0.7299
2013	0.4154	0.9566	1	0.7339
2015	0.4129	0.9617	1	0.7350

由表 3 可知,研究区域复合系统有序度 2013 年最高,较 2011 年、2015 年分别多出 0.7%、0.6%;复合系统协调度 2015 年最高,分别较 2011 年、2013 年增加 0.5%、2%;研究期内公平度计算结果均近似等于 1

且变化很小,因此全部记为1;复合系统可持续度2015年最高,为0.7350,其次为2013年复合系统有序度,2011年复合系统有序度最低。以可持续度为最终评价标准,研究区域2015年水资源可持续度最高。从模型计算结果反观各子系统序参量,单一序参量的优劣不能决定该子系统的有序度,更不能决定复合系统的可持续发展程度。如2015年,人均水资源占有量、年人均GDP等序参量虽然处于研究期内较低水平,但水资源开发利用率、灌溉率、万元GDP用水量以及废污水处理率等序参量却处于研究期内较高水平,各子系统的协同运作使得2015年在研究期内可持续度最高。从而也说明,水资源可利用率、灌溉率等序参量指标值的提高对水资源可持续利用有决定性的推动作用。

由上述分析可知,水资源系统有序度虽然是协调度评价模型、公平度评价模型和可持续度模型的基础,但有序度并不能决定系统的协调度、公平度以及可持续度,这恰好反映了协同学的本質:通过子系统的协同行动而使得系统有序演化。水资源系统是由多个子系统组成的开放的、远离平衡态的复杂系统,各子系统协同运作保持系统的动态平衡,以适应外界条件的变化是复杂系统良好运行的重要条件,也是实现水资源系统良性循环和演化的基础前提。

从研究区域历年用水量随国内生产总值及人口变化趋势来看(详见表1),国内生产总值逐年增加、人口逐年增长,用水量总体呈逐年下降趋势;国内生产总值年均增长率为8%,人口年均增长率为3%,用水量递减率为2%。用水量随国内生产总值及人口变化趋势印证了协同学评价结果的合理性,即研究区域2015年水资源可持续度最高,说明湖州市加强了水资源管理力度、在水资源可持续利用方面给予积极响应,这与研究区域持续深化最严格水资源管理制度、加快推进节水型社会和水生态文明建设一致。

4 结语与建议

本文以湖州市为例,选取2011年、2013年和2015年相关水资源开发利用指标、经济社会指标作为评价所需资料,阐述了协同学在水资源可持续利用评价中评价模型的建立过程,详细介绍了资料选取、模型建立、模型应用以及成果分析,结论如下:

(1) 基于协同学原理的水资源可持续利用评价模型建模步骤简便,将协同学应用于水资源可持续利用评价是可行的,可为区域水资源可持续利用评价开辟

新途径,为水资源承载能力判别及水资源的合理配置提供参考。

(2) 基于协同学原理的水资源可持续利用评价模型,首先需确定水资源系统序参量,并建立各子系统及复合系统的有序度模型,然后建立基于发展决策偏好的协调度评价模型,再依据系统有序度水平建立公平度评价模型,进而建立可持续度评价模型;水资源系统有序度虽然是协调度评价模型、公平度评价模型和可持续度模型的基础,但有序度并不能决定系统的协调度、公平度以及可持续度的大小。

(3) 单一子系统有序度或者协调度的提高不能推动复合系统可持续度的提高,各子系统或系统要素之间在发展过程中的协调运作方能促进可持续度的增加,这就使得决策者在决策过程中要统筹考虑各子系统的发展目标等。

(4) 研究期内2015年水资源可持续利用程度最高,与该区域持续深化最严格水资源管理制度、加快推进节水型社会和水生态文明建设等政策一致,由此可见降低水资源开发利用率、提高用水效率以及改善水环境质量是增加水资源可持续利用度的重要途径。

(5) 本文将协同学初步应用于水资源可持续利用评价,如何根据协同学评价结果提出针对研究区域的、详细的水资源可持续利用策略是本文值得更进一步研究的地方。

参考文献:

- [1] 王浩,王建华.中国水资源与可持续发展[J].中国科学院院刊,2012,27(3):352-357. (WANG Hao, WANG Jianhua. Sustainable utilization of China's water resources [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2012,27(3):352-357.(in Chinese))
- [2] 陈午.基于改进序关系法的北京市水资源可持续利用评价[J].自然资源学报,2015,30(1):164-176. (CHEN Wu. Evaluation of sustainable utilization of water resources in Beijing based on improved order[J]. Journal of Natural Resources,2015,30(1):164-176.(in Chinese))
- [3] 韩大军.湖州市水资源现状及持续发展对策[J].浙江水利科技,2002,5:6-7. (HAN Dajun. Present situation of water resources and countermeasures for sustainable development in Huzhou city [J]. Zhejiang Science and Technology of Water Conservancy, 2002,5:6-7.(in Chinese))
- [4] 葛永铭.基于能值分析的湖州市可持续发展水平研究[J].河南科学,2011,29(4):495-499. (GE Yongming. Research on the level of sustainable development based on emergy analysis: a case study of Huzhou city [J]. Journal of Henan Sciences, 2011,29(4):495-499.(in Chinese))
- [5] 刘丙军,陈晓宏.基于协同学原理的流域水资源合理配置模型和方法[J].水利学报,2009,40(1):60-66. (LIU Bingjun, CHEN Xiaohong.

- Water resources deployment model for river basin based on synergetic theory[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(1): 60–66. (in Chinese))
- [6] 周念清, 赵露. 基于协同学理论评价湘江流域水资源系统适应性[J]. 人民长江, 2012, 43(24): 9–12. (ZHOU Nianqing, ZHAO Lu. Adaptability assessment for water resources system of Xiangjiang River basin based on synergetics theory[J]. Yangtze River, 2012, 43(24): 9–12. (in Chinese))
- [7] M D Swanson, M Kobayashi, A H Tewfik. Multimedia data embedding and watermarking technologies[A]. Proceedings for the IEEE, 1998.
- [8] 李湘州. 协同学的产生与现状 [J]. 科技导报, 1997, (4): 38–40. (LI Xiangzhou. The emergence and present situation of synergetics[J]. Science and Technology Review, 1997, (4): 38–40. (in Chinese))
- [9] 孙玲. 协同学理论方法及应用研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2003. (SUN Ling. Synergetics Methodology and Its Application [D]. Harbin Engineering University, 2003. (in Chinese))
- [10] 邵东国, 刘丙军. 水资源复杂系统理论[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 158–262. (SHAO Dongguo, LIU Bingjun. Complex Water System Theory[M]. Beijing: Science Press, 2012: 158–262. (in Chinese))
- [11] 孙远斌, 高怡. 太湖流域水资源承载力模糊综合评价[J]. 水资源保护, 2011, 27(1): 20–23. (SUN Yuanbin, GAO Yi. Fuzzy assessment of water resources carrying capacity in Taihu Basin [J]. Water Resources Protection, 2011, 27(1): 20–23. (in Chinese))
- [12] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013: 15–37. (XIE Jijian, LIU Chengping. Fuzzy Mathematics Method and Its Application [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2013: 15–37. (in Chinese))

Application of Synergetics in Evaluation of Sustainable Water Resources Utilization

YAO Na¹, CHEN Fang¹, GAN Shengwei¹, HU Caihong²

(1. Taihu Basin Hydrology and Water Resource Monitoring Center, Wuxi 214024, China;

2. Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Synergetics is about the theory of open and non-equilibrium system, and water resources system is an complicated open and non-balance system. In the case study of Huzhou City, the water resources development and utilization indicators and economic and social indicators of 2011, 2013 and 2015 were selected with steps of 2 years, synergetics was used in assessment of sustainable utilization of water resources in Huzhou City. The results show that it is feasible to apply synergetics in assessment of local water resources sustainable utilization, which is a new way to evaluate local water resources and local water resources bearing capacity.

Key words: synergetics; Huzhou City; sustainable utilization of water resources; assessment; water resources carrying capacity

《水文》杂志征订启事

《水文》杂志是由水利部主管,水利部水文局(水利信息中心)主办,国内外公开发行的我国水文水资源专业的学术性科技期刊,系我国地球物理学类和水利工程类全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊、中国期刊网和“万方数据——数字化期刊群”入网期刊。

刊登内容:水文水资源基础理论研究,水文站网规划设计,水文测验技术,水文资料处理与服务,水文水资源分析计算,水文情报预报,水资源调查评价,水环境、水生态监测与水质预测,新技术在水文水资源方面的应用,测验仪器设备的研制,国内外水文水资源科技进展综述、评述以及有关信息和动态等。

出版发行:《水文》杂志为双月刊,每逢双月25日出版,国内由北京报刊发行局总发行,全国各地邮局均可办理订阅手续,邮发代号:2-430,每册定价20元,全年共120元;国外由中国国际图书贸易总公司(地址:北京399信箱,邮政编码:100044)发行,代号:BM511。

通讯地址:北京市白广路二条2号,100053,

电话:(010)63203599;传真:(010)63203550;E-mail:j.hyd@mwr.gov.cn

投稿网址: <http://sw.allmaga.net/ch/index.aspx>