

# 海河流域水利与经济社会协调发展定量评价\*

毛慧慧<sup>1</sup>, 王勇<sup>2</sup>, 董琳<sup>1</sup>

(1. 水利部海河水利委员会, 天津 300170; 2. 天津市水文水资源勘测管理中心, 天津 300061)

**提 要:** 为定量评价海河流域水利与经济社会协调发展水平, 文中构建了包含定量和定性指标的指标体系, 并分别选用 2005 年、2007 年指标值以及 2020 年的指标规划值, 即 3 种方案进行评价。根据协调发展度评价模型中层次分析法、熵权法和综合法三种计算指标权重方法的评价结果显示: 流域水利虽与经济社会勉强协调发展, 但水利发展水平滞后于经济社会发展水平。

**关键词:** 海河流域; 水利; 经济社会; 协调发展

**中图分类号:** TV213

**文献标识码:** A

水利与经济社会的发展是辩证统一的关系, 水利的发展是建立在一定的经济基础和物质基础之上的, 依赖于经济的发展, 二者的最终目的都是为了促进社会生产力的发展; 经济社会的发展反过来又需要更高的水利发展水平作为支撑, 同时为水利的发展提供经济基础<sup>[1]</sup>。进入 21 世纪, 在以科学发展观为指导的全面发展和实现第三步发展战略目标的关键时期, 对水利提出了更新更高的要求, 水利事业面临一系列重大历史转变, 水利需要改变传统发展模式、调整发展思路<sup>[2]</sup>, 促进产业结构调整 and 布局优化的同时, 适应经济社会发展, 为促进经济增长方式的转变提供水利保障。

目前有关协调发展问题主要集中于经济发展与资源环境关系的研究方面, 如城市化与生态环境协调发展问题<sup>[3]</sup>、旅游经济与生态环境协调发展问题<sup>[4, 5]</sup>、地下水与社会经济协调发展问题<sup>[6]</sup>、水资源与社会经济发展问题<sup>[7]</sup>等。文中以海河流域为研究对象, 重点研究了海河流域水利与经济社会协调发展问题, 为流域水利发展目标的制定提供参考依据。

## 1 协调发展内涵

"协调发展"是指系统或系统要素之间和谐一致、配合得当, 在良性循环的基础上, 由低级到高级、由简单到复杂、由无序到有序的总体深化过程<sup>[8]</sup>。协调度是度量系统或要素之间协调状况好坏程度的定量指标<sup>[9]</sup>。

## 2 协调性分析方法

### 2.1 指标体系的建立

评价指标体系的正确选取及其合理测定是系统分析与评价的基础<sup>[3]</sup>。为便于分析和突出水利和经济社会两个系统协调发展的特征与规律, 协调性评价模型指标体系的构建需遵循客观性、综合性、层次性、可获取性等原则。

### 2.2 指标权重的计算

指标权重的确定, 既有其客观性又带有一定的主观性, 其值对综合评价的最后结果有较大影响, 应该慎重对待。因此, 采用层次分析法、熵权法及综合权重进行比较分析。

\* 收稿日期: 2010-7-19。

基金项目: 2009 年财政预算项目资助。

作者简介: 毛慧慧(1981-), 女, 博士研究生, 工程师, 主要从事水文学与水资源问题研究及规划咨询工作。E-mail: crystal\_mhh@163.com

(1) 层次分析法。层次分析法(Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP) 是美国运筹学家 Saaty 教授于二十世纪 70 年代提出的一种实用的多方案或多目标的决策方法, 是一种综合了定性和定量分析, 是人脑决策思维模型化的决策方法。自 1982 年被介绍到我国以来, 广泛的应用于能源系统分析、城市规划、经济管理、科研评价等领域, 层次分析法计算步骤详见参考文献<sup>[10]</sup>。

(2) 熵权法。在信息论中, 熵值反映了信息无序化程度, 其值越小, 系统无序度越小<sup>[11]</sup>。故可用信息熵评价获取系统信息的有序度及其效用, 即由评价指标值构成的判断矩阵来确定指标权重, 它能尽量消除各指标权重计算的人为干扰, 由指标数据所携带的信息熵来确定其权重。熵权法计算指标权重步骤如下:

首先, 构建  $n$  个方案  $m$  个评价指标的归一化判断矩阵  $B$ , 其中越大越优型指标采用式(1)计算, 越小越优型指标采用式(2)计算。

$$b_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}}; \forall j \quad (1) \quad b_{ij} = \frac{\max_j x_{ij} - x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}}; \forall j \quad (2)$$

其次, 引入熵值法计算指标权向量。根据熵的定义, 确定评价指标的熵为:

$$H_i = -\frac{1}{\ln n} \left( \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中:  $f_{ij} = \frac{1 + b_{ij}}{\sum_{j=1}^n (1 + b_{ij})}$

计算评价指标熵权向量:  $w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}$  (且满足  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ) (4)

(3) 综合权重的确定。研究中采用两种权重的平均值作为综合权重。

### 2.3 协调发展度评价模型

设  $x_1, x_2, \dots, x_p$  是反映水利发展水平的  $p$  个指标,  $y_1, y_2, \dots, y_q$  是反映经济社会发展水平的  $q$  个指标, 则水利与经济社会的综合发展函数<sup>[12]</sup> 分别为:  $f(x) = \sum_{i=1}^p a_i x'_i$   $g(y) = \sum_{j=1}^q b_j y'_j$  (5)

式中  $f(x)$ 、 $g(y)$  分别表示水利与经济社会的综合发展函数;  $a_i$ 、 $b_j$  为指标权重;  $x'_i$ 、 $y'_j$  为标准化值, 当  $x_i$ 、 $y_j$  为正向指标, 即越大越好时,  $x'_i = x_i / \lambda_{\max}$  或  $y'_j = y_j / \lambda_{\max}$ , 当  $x_i$ 、 $y_j$  为负向指标, 即越小越好时,  $x'_i = \lambda_{\min} / x_i$  或  $y'_j = \lambda_{\min} / y_j$ 。其中  $\lambda_{\min}$ 、 $\lambda_{\max}$  是相应指标  $x_i$ 、 $y_j$  的规划值、对比标准值、理想值或期望值。

依照协调的定义和分析  $f(x)$  和  $g(y)$  的离差越小越好。经数学推导得出  $f(x)$  和  $g(y)$  的离差系数越小越好的充要条件是:  $C' = \frac{f(x) \times g(y)}{(\frac{f(x) + g(y)}{2})^2}$  越大越好。为使计算出的协调度具有一定的层次性, 给出协调

度计算公式:  $C = C'^k$  (6)

式中,  $C$  为协调度(协调系数),  $0 \leq C \leq 1$ , 最大值为最佳协调状态,  $C$  越小越不协调, 协调度等级划分标准<sup>[3]</sup>(表 1); 为调节系数( $k \geq 2$ )。

表 1 协调等级分类

Tab. 1 Grade classification of coordinated degree

协调度	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
协调等级	严重失调	中度失调	勉强协调	中度协调	良好协调

协调度虽然能反映出各系统相互协调的程度, 对于约束二者的发展行为、促进二者健康、协调的发展有重要意义, 但难以反映各系统的整体功能或发展水平, 即协调度相同但其各系统的发展水平未必相同。

因此, 给出协调发展度的公式:  $D = \sqrt{C \times T}$  (7)  $T = \alpha f(x) + \beta g(y)$  (8)

式中,  $D$  为协调发展度;  $T$  为综合评价指数;  $\alpha$ 、 $\beta$  为待定权重, 文中取  $\alpha = \beta = 0.5$ 。

借鉴文献<sup>[3]</sup>中城市化与生态环境协调发展类型的分类体系, 文中给出水利与经济社会系统协调发展类型分类体系(表 2)。

## 3 海河流域水利与经济社会协调发展评价

依据指标选取原则, 构建了流域水利发展与经济社会发展协调性评价的指标体系(表 3)。分别选取各指标 2005 年、2007 年的数值, 以及 2020 年的规划值, 即 3 种方案进行分析计算, 其中, 水利管理类指标为定性指标, 其

相对优属度按二元比较互补性决策思维理论<sup>[13]</sup>和方法确定 并认为其相对优属度矩阵即为其判断矩阵。

表 2 水利与经济社会系统协调发展分类体系

Tab. 2 The classification system of coordinated development of water conservancy and economic society system

D	类型	f(x) 和 g(y) 关系	类型说明
0.8 - 1.0	良好协调发展类	$f(x) > g(y)$	良好协调发展类经济社会滞后型
		$f(x) = g(y)$	良好协调发展类水利与经济社会同步型
		$f(x) < g(y)$	良好协调发展类水利滞后型
0.6 - 0.8	中度协调发展类	$f(x) > g(y)$	中度协调发展类经济社会滞后型
		$f(x) = g(y)$	中度协调发展类水利与经济社会同步型
		$f(x) < g(y)$	中度协调发展类水利滞后型
0.4 - 0.6	勉强协调发展类	$f(x) > g(y)$	勉强协调发展类经济社会滞后型
		$f(x) = g(y)$	勉强协调发展类水利与经济社会同步型
		$f(x) < g(y)$	勉强协调发展类水利滞后型
0.2 - 0.4	中度失调衰退类	$f(x) > g(y)$	中度失调衰退类经济社会滞后型
		$f(x) = g(y)$	中度失调衰退类水利与经济社会同步型
		$f(x) < g(y)$	中度失调衰退类水利滞后型
0 - 0.2	严重失调衰退类	$f(x) > g(y)$	严重失调衰退类经济社会滞后型
		$f(x) = g(y)$	严重失调衰退类水利与经济社会同步型
		$f(x) < g(y)$	严重失调衰退类水利滞后型

表 3 水利与经济社会发展协调性评价指标体系

Tab. 3 The evaluation index system of coordinated development of water conservancy and economic society system

目标层	准则层	指标层	权重			
			层次分析法	熵权法	综合	
水利与经济社会发展协调性评价	水利子系统	人均水资源量( m <sup>3</sup> )	0.0266	0.0464	0.0365	
		人均用水量( m <sup>3</sup> )	0.0508	0.0446	0.0477	
		供水	城镇(工业、生活)供水保证率( % )	0.0900	0.0489	0.0695
			0.6 农业灌溉保证率( % )	0.0346	0.0489	0.0418
		供水保障	农村饮水安全达标率( % )	0.0467	0.0336	0.0402
			地表水资源开发利用( % )	0.0225	0.0489	0.0357
		节水	0.4522 万元 GDP 用水量( m <sup>3</sup> )	0.0324	0.0286	0.0305
			工业水重复利用率( % )	0.0252	0.0423	0.0337
			0.4 农业灌溉水利用系数	0.0524	0.0423	0.0473
			节水灌溉率( % )	0.0524	0.0338	0.0431
	生态修复	0.2368	城市管网漏损率( % )	0.0184	0.0340	0.0262
			水功能区水质达标率( % )	0.1276	0.0799	0.1038
		0.1734 防洪减灾	水土流失治理程度( % )	0.0388	0.0920	0.0654
			生态供水量( 亿 m <sup>3</sup> )	0.0704	0.0648	0.0676
			I 级堤防达标率( % )	0.0328	0.0517	0.0423
			II 级堤防达标率( % )	0.0190	0.0517	0.0353
	水利管理	0.1376	病险水库除险加固完成情况(大型)( % )	0.0608	0.0371	0.0489
			蓄滞洪区安全建设保障率( % )	0.0608	0.0329	0.0468
			水资源管理	0.0667	0.0278	0.0472
			水生态环境保护与修复管理	0.0312	0.0278	0.0295
防洪减灾管理			0.0197	0.0278	0.0237	
经济子系统	0.3562	岸线及工程管理	0.0122	0.0278	0.0200	
		社会管理及服务能力	0.0078	0.0264	0.0171	
		人均 GDP( 万元 )	0.3338	0.3787	0.3562	
经济系统	0.2255	城镇化率( % )	0.1416	0.3095	0.2255	
		第三产业增加值占 GDP 比重( % )	0.5247	0.3119	0.4183	

依次采用层次分析法、熵权法计算各指标权重 进而计算综合权重 准则层权重采用层次分析法计算, 计算结果(表 3)。采用式(5)至式(8)计算得到海河流域水利与经济社会协调发展分析结果(表 4)。

从表 4 的计算结果可以看出: 三种权重计算方法得到的流域水利和经济社会发展水平均处于上升状态 即 f(x) 和 g(y) 2007 年的计算值均大于 2005 年计算值; 三种权重计算方法得到的海河流域水利与经

济社会协调性评价的协调等级均为良好协调;熵权法计算的协调发展度 D 值与层次分析法和综合权重的计算结果稍有差异,但三种权重计算方法得到协调发展类型均为勉强协调发展类水利滞后型,可见海河流域水利整体发展水平滞后于经济社会发展水平。

表 4 海河流域水利与经济社会协调发展情况

Tab. 4 The coordinated development level of water conservancy and economic society system in Haihe basin

方法	年份	f(x)	g(y)	C	协调等级	D	协调发展类型
层次分析法	2005	0.5791	0.6754	0.9882	良好协调	0.4	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型
	2007	0.6648	0.7400	0.9943	良好协调	0.5	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型
熵权法	2005	0.5715	0.6233	0.9962	良好协调	0.4	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型
	2007	0.6312	0.6998	0.9947	良好协调	0.4	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型
权重综合	2005	0.5753	0.6494	0.9927	良好协调	0.4	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型
	2007	0.6480	0.7199	0.9945	良好协调	0.5	水利与经济社会勉强协调发展类水利滞后型

## 4 结语

文中分析计算了海河流域水利与经济社会协调发展程度,结果显示海河流域 2005 年到 2007 年水利和经济社会均朝良性态势发展,流域水利同经济社会勉强协调发展,但水利发展水平滞后于经济社会发展水平。随着京津冀都市圈区域经济一体化进程加快、天津滨海新区和曹妃甸国家级循环经济示范区纳入国家总体发展战略,海河流域在我国经济社会发展中的地位更加突出,对流域水利的支撑保障提出了新的更高要求,因此,要抓紧时机大力发展水利,适应并引导经济社会发展。

## 参考文献

- [1] 任贺静. 长三角地区城市水利与经济协调发展研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
- [2] <http://www.mwr.gov.cn/xwpd/slyw/2009102717035404635b.aspx>
- [3] 宋建波, 武春友. 城市化与生态环境协调发展评价研究—以长江三角洲城市群为例[J]. 中国软科学, 2010(2): 78-87.
- [4] 王辉, 姜斌. 沿海城市生态环境与旅游经济协调发展定量研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 115-119.
- [5] 崔峰. 上海市旅游经济与生态环境协调发展度研究[J]. 中国人口资源与环境, 2008, 18(5): 64-69.
- [6] 冯平, 李健, 李绍飞. 地下水与社会经济的协调发展分析模型及其应用[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(4): 61-66.
- [7] 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, 24(4): 8-11.
- [8] 杨士弘. 城市生态环境学[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 114-121.
- [9] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系[J]. 热带地理, 1999(2): 171-177.
- [10] T. L. Saaty, 许树柏, 译. 层次分析法—在资源分配、管理和冲突分析中的应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1988: 56-79.
- [11] 张先起, 梁川. 基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用[J]. 水利学报, 2005, 36(9): 1057-1061.
- [12] 王辉, 姜斌. 沿海城市生态环境与旅游经济协调发展定量研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 115-119.
- [13] 陈守煜. 复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M]. 吉林: 吉林大学出版社, 2002: 46-52.

## The quantitative evaluation of coordinated development between water conservancy and economic society in Haihe basin

MAO Huihui<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>2</sup>, DONG Lin<sup>1</sup>

(1. Haihe River Water Conservancy Committee, MWR, Tianjin 300170, P. R. China; 2. Tianjin Survey and Management Center of Hydrology and Water Resources, Tianjin 300061, P. R. China)

**Abstract:** The index system including quantitative and qualitative index was established in order to evaluate the coordinated development level of water conservancy and economic society quantitatively. And then the index value of 2005, 2007 and 2020 were selected to be used as 3 schemes to evaluate according to the result of coordinated development estimation model, which includes AHP, entropy weight and comprehensive weight calculation methods. Results showed water conservancy and economic society coordinated development was conceded in Haihe basin, the development level of water conservancy system was lagged.

**Key words:** Haihe Basin; water conservancy; economic society; coordinated development