

全国及九大流域分类用水影子价格的计算与预测

刘秀丽, 邹 瑾

(中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

摘要:在全国和九大流域水资源投入占用产出表的基础上,通过建立线性规划模型,计算了 2002 年全国及九大流域农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水及总的生产用水的影子价格。将实际水价与影子价格进行对比,发现实际水价明显偏低,认为需要适当提高水价,在此基础上建立了不依赖于投入产出表的计算各类用水影子价格的非线性回归模型。应用该模型预测了 2015 年和 2020 年全国和九大流域农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水及总的生产用水的影子价格,结果表明:2020 年全国和九大流域各类水资源的影子价格均比 2015 年有所提高,全国生产用水、工业用水、农业用水、生活用水和生态环境用水影子价格的涨幅分别为 2.2%、1.3%、1.5%、0.3% 和 3.2%,九大流域中,依然是海河流域各类用水的影子价格最高,西南和内陆流域的影子价格最低。

关键词:水资源;水价;影子价格;投入占用产出表;九大流域

中图分类号:TV214;F407.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2014)04-0010-06

Calculating and forecasting shadow prices of all kinds of water in China and its nine major river basins//LIU Xiuli, ZOU Cui(*Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*)

Abstract: Based on water resources input-occupancy-output tables of China and its nine major river basins, a linear programming model was constructed to calculate the shadow prices of agricultural water, industrial water, domestic water, ecological water, and total production water in 2002. Then the actual price of water was compared with its shadow price. The results show that the actual prices is much lower than the shadow price. In consequence, it is necessary to raise the actual price of water. Accordingly, a nonlinear regression model, which is independent of the input-occupancy-output tables, was set up to calculate the shadow price of all kinds of water. The shadow prices of agricultural water, industrial water, domestic water, ecological water, and total production water in China and its nine major river basins in 2015 and 2020 were forecasted based on this nonlinear regression model. The results show that the shadow prices of all kinds of water in 2020 will be higher than those in 2015. The shadow prices of production water, industrial water, agricultural water, domestic water, and ecological water in China would rise respectively by 2.2%, 1.3%, 1.5%, 0.3%, and 3.2% from 2015 to 2020. Among the nine major river basins in China, the shadow prices of all kinds of water in Haihe River basin is still the highest, while those of the south-west and inland river basins are the lowest.

Key words: water resources; water price; shadow price; input-occupancy-output table; Chinese nine major river basins

随着我国经济的发展和人口的增多,水资源短缺问题日益严重^[1]。尽管当前我国水资源总量为 2.8 万亿 m³,位居世界第 6 位,但人均水资源量仅为 2 200 m³,仅为世界人均水平的 25%,在世界上排在第 121 位。我国目前有 18 个省、自治区、直辖市的人均水资源量低于联合国可持续发展委员会审议的世界人均水资源占有量 2 000 m³,其中有 10 个省、自治区、直辖市的人均水资源占有量低于生存底线。据预测,2030 年前后我国人口将达到 16 亿左右^[1],人均水资源占有量比目前还将减少 25%,将降低至

1 760 m³,我国将成为用水紧张国家。

与此同时,由于我国长期处于无偿供水、低价供水的状态,使得水价脱离了水市场,严重背离了价值规律^[2]。过低的水价不仅造成水资源的严重浪费,而且使得供水单位失去了扩大再生产甚至维持正常生产的能力。建立合理的水价制定机制将是目前最为有利的解决方案^[3]。设置合理的水价,一方面可以调节市场供需,另一方面也可以培养人们的节水意识,达到节水的目的。实践证明,采用影子价格理论来制定资源的价格,可以很好地满足市场经济的

要求^[4-5]。

影子价格又称最优计划价格或效率价格,它是指有限资源或产品在最优分配、合理利用条件下达到社会目标的边际贡献或边际收益的最大化^[6]。对于水资源的影子价格,主要有以下几种计算模型:①均衡价格模型,按照一般均衡理论,作为非水利部门的投入物和水利部门的产出物,水资源的影子价格应等于供求均衡价格;②边际价格模型,其在数学上表示为应用微积分描述水资源的影子价格;③线性规划模型,即用线性规划计算方法求解资源最优配置,在原规划中表示资源约束的行所对应的对偶解就是资源的影子价格。应用以上3种不同的影子价格模型,国内多位学者^[7-12]对我国不同时段和不同区域的水资源影子价格进行了测算。然而以上这些模型方法在理论上存在一定的缺陷,如均衡价格模型没有考虑资源价值的成分;边际价格模型明显存在资源价值对资源价格形成的影响;而一般线性规划模型涉及成百上千甚至上百万种资源,水资源只是众多资源中的一种,很难确定水资源和其他资源的数量经济关系,最终难以得出水资源的影子价格。

刘秀丽等^[13-14]把投入产出模型和数学规划方法结合起来,建立一个既使国民经济各部门相互平衡又使GDP达到最大的规划模型,从理论上计算了全国和九大流域生产用水和工业用水的影子价格。我国在用水统计中,将水资源细分为农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水4类,其中农业用水是指用于农业灌溉和淡水养殖的用水;工业用水是指工业生产过程中的用水,包括原料用水、动力用水、冲洗用水和冷却用水等;生活用水包括城镇生活用水和农村生活用水;生态环境用水是指为维护生态环境不再恶化及逐渐改善所需消耗的地表水和地下水资源总量。在实际的水价制定中,这些用水的价格与工业水价是分别制定的,计算它们的影子价格对制定4类用水的价格具有重要参考价值。由于数据的限制,刘秀丽等^[13-14]没有对农业用水、生活用水、生态用水的影子价格进行计算。

本文基于中国科学院数学与系统科学研究院水资源课题组编制的2002年全国及九大流域水资源投入占用产出表,建立线性规划模型,计算了2002年全国及九大流域的农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水及总的生产用水的影子价格(农业用水、工业用水、生活用水及生态环境用水均与生产活动密切相关,笔者将它们的用水量之和统称为生产用水,并计算它的影子价格,用于衡量水资源总体的价值水平)。然后应用回归分析建立了计算农

业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水及总的生产用水的影子价格的非线性回归模型。最后应用该模型预测了2015年、2020年全国和九大流域的农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水及总的生产用水的影子价格。

1 水资源影子价格计算模型

以2002年全国及九大流域水资源投入占用产出表中各生产部门的消耗结构为基础,以当年GDP最大为目标函数,将水资源投入占用产出表中的平衡关系纳入优化模型的约束条件,建立用于计算全国及九大流域水资源影子价格的优化模型:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n a_{wj} X_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

约束条件:

$$AX + Y = X \quad (2)$$

$$X_l \leq X \leq X_h \quad (3)$$

$$Y_l \leq Y \quad (4)$$

$$a_{wj} = \frac{w_j}{X_j} \quad (5)$$

$$\sum a_{wj} X_j \leq W \quad (6)$$

式中: Z 为第1至第 n 部门的增加值之和; a_{wj} 为 j 部门的增加值系数; a_{wj} 为 j 部门的用水系数; A 为直接消耗系数矩阵; X 为总产出列向量; X_l 为总产出下界列向量; X_h 为总产出上界列向量; X_j 为 j 部门的总产出; Y 为最终需求列向量; Y_l 为最终需求下界列向量; w_j 为 j 部门用水总量; W 为可用的水资源总量。式(1)~(6)的含义是在满足投入产出平衡式、总产出上下界约束、可实际使用的水量约束等条件下,使模型中所包含部门的增加值之和最大。

2 模型求解及结果分析

本文在求解各类用水的影子价格时,将2002年全国及九大流域51部门水资源投入占用产出表中的数据与该类用水对应部门的相关数据代入线性规划模型中进行计算。在水资源投入占用产出表中有对应的 Y_j 、 X_j 、 w_j 的分部门数据。各部门水资源的占用分成Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类与劣Ⅴ类。按照各个部门对水质的要求,计算该部门的用水量,进而计算用水系数。 X_l 、 Y_l 在计算中分别采用2002年水资源投入占用产出表中各部门的总产出和最终需求列向量。 X_h 的确定方法如下:以1999年水资源投入占用产出表为基期,当年 j 部门的总产出为 $X_{j,1999}$ ，“九五”时期第一、第二、第三产业增加值年平均增长速度分别为 α_1 、 α_2 、 α_3 ，“十五”时期第一、第二、第三产业增加值年平均增长速度分别为 β_1 、 β_2 和 β_3 ,且已

知 $\alpha_1=3.5\%$, $\alpha_2=9.8\%$, $\alpha_3=8.1\%$, $\beta_1=3.9\%$, $\beta_2=10.7\%$, $\beta_3=9.9\%$, 如果 j 部门属于第 $s(s=1,2,3)$ 产业, 计算 $X'_j=X_{j,1999}(1+\alpha_s)(1+\beta_s)^2$, 如果 $X'_j>X_{ij}$, 那么 $X_{ij}=X'_j$, 否则, $X_{ij}=X_{ij}$ 。

生活用水中一部分是第三产业用水, 一部分是居民生活用水, 第三产业对应的部门是有增加值的。居民生活用水对应居民消费部门, 没有增加值, 但居民消费支出具有乘数效应。考虑到两部分用水的用途和产生的效应不同, 计算生活用水的影子价格时, 采用的是投入产出局部闭模型^[15]。

考虑到利用 linprog 函数求线性规划问题对偶解时的不稳定性, 本文利用基于 Matlab 的另一个优化工具箱 Yalmip 进行求解。首先将相关数据代入模型, 并标准化为 Yalmip 语言, 然后运行程序进行求解, 计算结果见表 1。

表 1 2002 年全国及九大流域水资源影子价格 元/t

区域	农业用水	工业用水	生活用水	生态环境用水	生产用水
海河流域	4.53	14.35	10.41	6.78	6.27
淮河流域	2.39	7.86	8.11	5.43	3.22
黄河流域	2.87	9.86	8.14	5.83	4.13
内陆流域	0.89	2.64	6.85	4.84	1.28
长江流域	1.02	3.83	5.01	2.28	1.54
松辽流域	2.55	9.49	7.81	4.17	3.54
东南流域	1.49	4.49	6.21	1.55	2.07
珠江流域	1.78	4.69	6.55	1.52	2.36
西南流域	0.94	5.63	6.94	2.38	1.31
全 国	1.72	6.86	7.77	3.14	2.83

注: 表中价格为 2002 年生产者价格。

由表 1 可知, 九大流域中工业用水和生活用水的影子价格相对较高, 其次是生态环境用水、生产用水, 农业用水的影子价格最低。这是因为工业用水主要为冷却用水、空调用水、产品用水、清洗及其他用水, 需满足水量大、水质好、水温低且稳定等条件, 一般要求是 I ~ IV 类水, 因此这种用途的水资源稀缺性较高, 导致影子价格最高。生活用水对水质的要求较高, 主要为 I ~ III 类水, 并且水资源在使用前需进行多种工序处理, 成本较高, 资源相对较为稀缺, 因此影子价格也较高。而农业用水多用于农业灌溉, 其对水质的要求较低, 一般只对污染物的含量有一定的要求, 一般情况下 I ~ V 类水都可以用作农业灌溉用水, 因此相对其他用水成本较低, 影子价格相对较低。

从水资源类别来看, 农业用水、工业用水和生产用水的影子价格相差较大, 说明在不同生产过程中对水资源的要求不同, 使得水资源在使用过程中的稀缺性上存在较大差异; 另一方面, 第二产业和第三产业所创造的价值普遍高于第一产业, 也使得第二、第三产业用水的影子价格高于第一产业。

从不同流域来看, 由于受经济结构、作物构成、节水水平、水资源条件、人口密度等多种因素影响, 各流域生产用水影子价格差别较大, 其中生产用水影子价格最高的流域是海河流域, 达 6.27 元/t, 最低的是内陆流域, 仅为 1.28 元/t。造成各流域影子价格差异的原因从经济上看主要有以下两点: 一是影子价格的直接经济意义, 即资源的稀缺性。海河流域作为我国重要的经济区域, 覆盖了京津唐地区, 经济十分发达, 但其水资源却极其匮乏, 海河流域的水资源总量仅略高于东南流域及西南流域, 位居全国倒数第三, 海河流域的人均用水量低于 300 m³, 远低于全国人均用水量(428 m³), 且人均用水量小于 300 m³ 的山西、河南、天津、北京、山东、河北等省、直辖市均位于海河流域。因此, 水资源的匮乏是该流域水资源影子价格偏高的主要原因。二是水资源创造的经济价值。从各大流域看, 海河流域的单位用水量(1m³, 下同) 创造的 GDP 为 69 元, 位居全国第一, 其他流域单位用水量创造的 GDP 基本都低于 50 元, 全国只有 18.6 元; 由此可见, 单位用水量创造的经济价值高于其他流域是海河流域水资源影子价格偏高的另一个原因。

以海河流域为例, 本文测算出工业用水、农业用水、生活用水影子价格分别为 14.35 元/t、4.53 元/t、10.41 元/t; 而实际的工业水价、农业水价、生活水价分别为 2.1 ~ 3.8 元/t、2.1 ~ 5.2 元/t、1.0 元/t^[16-18]。由此可知, 海河流域各类水的实际价格远低于测算出的影子价格, 这说明海河流域实际水资源价格并没有真实反映水资源的价值, 需要适当上调水价。

与 1999 年九大流域生产用水和工业用水影子价格的计算结果^[19] 对比, 2002 年生产用水和工业用水的影子价格明显高于 1999 年。以海河流域为例, 2002 年海河流域生产用水的影子价格是 1999 年的 2.68 倍, 主要原因包括: ①水资源总量减少, 2002 年水资源总量为 158.1 亿 m³, 比 1999 年减少 35.7 亿 m³; ②水污染程度加剧, 2002 年 IV、V 类和超 V 类水占比 57%, 比 1999 年约增加了 3%; ③经济总量增加, 用水效率提高, 2002 年海河流域的 GDP(2002 年生产者价格) 是 1999 年的 1.61 倍, 2002 年单位生产用水产生的 GDP 是 1999 年的 1.72 倍; ④两者分别采用 1999 年和 2002 年的生产者价格也是造成影子价格差异较大的另外一个原因。其他流域生产用水或工业用水影子价格升高的原因与此类似, 不再赘述。

3 水资源影子价格的预测

通常来说, 资源的影子价格反映了资源的供需

状况和稀缺程度,资源越丰富,其影子价格越低,资源越稀缺,其影子价格越高。同时,资源的机会成本和消费者的支付意愿对资源的影子价格也有影响。

对于水资源来说,用水量占水资源总量的比例直接反映了水资源的供求状况,用水量占水资源的比例越大,说明该流域水资源越稀缺;用水量占水资源的比例越小,说明该流域水资源越充沛。而当用水量占水资源总量的比例大于1时,说明该流域的水资源总量已经供不应求,需要从外部调水。为了验证以上说法,本文对用水量占水资源总量的比例和各部门用水影子价格的相关性进行了测算,发现用水量占水资源总量的比例和农业用水影子价格、工业用水影子价格、生活用水影子价格、生态环境用水影子价格的相关系数分别是0.768、0.897、0.846和0.682。由此表明,用水量占水资源总量的比例确实和水资源影子价格存在着高度相关性。

通常而言,农业用水属于刚性需求,主要与当地气候环境和种植作物相关,因此主要还是受当地用水量占水资源总量的比例影响;同样,生活用水也属于刚性需求,主要与当地居民的生活用水习惯相关;工业用水和生产用水则可以通过市场价格的调整而进行再分配。

本文利用表1中各类用水影子价格和用水量占水资源总量的比例、各用水部门的用水指标值,应用高斯-牛顿法建立非线性回归模型如下:

$$P_{生产} = 2.458 + 1.661k - 0.00069x_1 \quad (R^2 = 0.904, F = 33.07) \tag{7}$$

$$P_{工业} = 5.477 + 3.699k - 0.0000035x_2^2 \quad (R^2 = 0.820, F = 15.90) \tag{8}$$

$$P_{农业} = 1.194 + 0.249k \ln x_3 \quad (R^2 = 0.819, F = 35.10) \tag{9}$$

$$P_{生活} = 6.436 + 0.175k \ln x_4 \quad (R^2 = 0.736, F = 22.31) \tag{10}$$

$$P_{生态} = 5.285 + 1.192 \ln k \quad (R^2 = 0.704, F = 19.05) \tag{11}$$

式中: $P_{生产}$ 、 $P_{工业}$ 、 $P_{农业}$ 、 $P_{生活}$ 、 $P_{生态}$ 分别为各流域生产用水、工业用水、农业用水、生活用水和生态环境用水影子价格; x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别为各流域万元GDP用水量、万元工业增加值用水量、每亩灌溉用水量和流域人口数; k 为用水量占水资源总量的比例,数据源自2002年全国和九大流域用水指标值。

应用式(7)~(11),只要给出未来某年用水量占水资源总量的比例和用水指标值,就可以预测出该年的影子价格,这些模型不依赖于投入产出表,数据易于获取,计算简便,可为我国制定各类用水价格提供参考。

基于1998—2010年中国水资源公报中的各大流域用水量和水资源总量数据,整理出1998—2010年九大流域用水量占水资源总量的比例(表2)和1998—2010年九大流域主要用水指标值,然后应用计量经济和ARMA等多个模型分别预测2015年和2020年九大流域的用水量占水资源总量的比例和用水指标值,同时借鉴宋建军等^[6,20]关于2015年和2020年我国需水总量的预测数据(6300亿~6600亿 m^3)对其进行修正,结果如表2和表3所示。

表2 全国及九大流域的用水量占水资源总量的比例

年份	海河流域	淮河流域	黄河流域	内陆流域	长江流域	松辽流域	东南流域	珠江流域	西南流域	全国
1998	1.20	0.40	0.58	0.35	0.13	0.22	0.12	0.16	0.01	0.16
1999	2.22	1.02	0.64	0.37	0.15	0.45	0.14	0.19	0.02	0.20
2000	1.48	0.45	0.69	0.38	0.17	0.44	0.15	0.19	0.02	0.20
2001	1.96	1.03	0.77	0.36	0.20	0.42	0.15	0.14	0.02	0.21
2002	2.51	0.87	0.82	0.39	0.15	0.41	0.14	0.16	0.02	0.19
2003	1.17	0.26	0.43	0.44	0.17	0.31	0.20	0.24	0.02	0.19
2004	1.23	0.74	0.59	0.46	0.21	0.35	0.25	0.24	0.02	0.23
2005	1.42	0.39	0.50	0.42	0.19	0.27	0.14	0.20	0.02	0.20
2006	1.78	0.67	0.70	0.44	0.23	0.36	0.14	0.18	0.02	0.23
2007	1.55	0.41	0.58	0.47	0.22	0.46	0.19	0.22	0.02	0.23
2008	1.26	0.59	0.69	0.48	0.21	0.45	0.20	0.15	0.02	0.22
2009	1.30	0.80	0.59	0.53	0.23	0.36	0.21	0.22	0.02	0.25
2010	1.20	0.66	0.58	0.39	0.18	0.27	0.12	0.18	0.02	0.19
2015	1.41	0.69	0.62	0.50	0.19	0.38	0.21	0.22	0.02	0.21
2020	1.43	0.75	0.63	0.52	0.21	0.48	0.25	0.24	0.02	0.23

注:2015年和2020年数据为预测值。

表3 2015年、2020年全国及九大流域用水指标值 m^3

区域	2015年预测值		2020年预测值	
	万元GDP用水量	万元工业增加值用水量	万元GDP用水量	万元工业增加值用水量
海河流域	43	24	22	14
淮河流域	59	29	31	16
黄河流域	81	43	42	24
内陆流域	354	71	183	40
长江流域	77	74	40	42
松辽流域	87	56	45	31
东南流域	58	35	30	20
珠江流域	90	57	47	32
西南流域	187	92	97	52
全 国	85	53	44	30

最后应用式(7)~(11),求得全国和九大流域2015年和2020年的农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水和生产用水影子价格,结果见表4和表5。

从表4可以看出,2015年九大流域的影子价格差距依然很大,农业用水的最高价格与最低价格相差1.69倍;工业用水的最高价格与最低价格相差1.94倍;生活用水的最高价格与最低价格相差1.16倍;生态环境用水的最高价格与最低价格相差7.09倍。另外,海河流域各类水资源的影子价格均为九大流域中最高,农业用水影子价格达2.04元/t,是

表 4 2015 年全国及九大流域水资源

影子价格预测结果 元/t

区 域	农业用水	工业用水	生活用水	生态环境用水	生产用水
海河流域	2.04	10.69	7.46	5.69	4.77
淮河流域	1.62	8.03	6.96	4.84	3.56
黄河流域	1.60	7.76	6.88	4.71	3.43
内陆流域	1.55	7.31	6.74	4.47	3.04
长江流域	1.32	6.16	6.59	3.36	2.72
松辽流域	1.44	6.87	6.71	4.13	3.03
东南流域	1.34	6.25	6.58	3.42	2.77
珠江流域	1.36	6.28	6.60	3.48	2.76
西南流域	1.21	5.52	6.45	0.80	2.36
全 国	1.33	6.24	6.62	3.42	2.75

注:表中价格为2010年不变价,下同。

表 5 2020 年全国及九大流域水资源

影子价格预测结果 元/t

区 域	农业用水	工业用水	生活用水	生态环境用水	生产用水
海河流域	2.05	10.77	7.48	5.71	4.82
淮河流域	1.66	8.25	7.01	4.94	3.68
黄河流域	1.61	7.81	6.89	4.73	3.48
内陆流域	1.57	7.39	6.75	4.50	3.19
长江流域	1.33	6.25	6.61	3.42	2.78
松辽流域	1.51	7.25	6.78	4.43	3.22
东南流域	1.37	6.40	6.61	3.63	2.85
珠江流域	1.37	6.36	6.61	3.58	2.82
西南流域	1.21	5.54	6.45	0.96	2.42
全 国	1.35	6.32	6.64	3.53	2.81

全国平均影子价格的 1.53 倍;工业用水影子价格达 10.69 元/t,是全国平均影子价格的 1.71 倍;生活用水影子价格达 7.46 元/t,是全国平均影子价格的 1.13 倍;生态环境用水影子价格达 5.69 元/t,是全国平均影子价格的 1.66 倍。以上结果与海河流域的社会经济和环境条件是密不可分的。海河流域属于温带东亚季风气候区,年平均降水量约 539 mm,水资源相对较为缺乏;且人口密集,大中城市众多,对水资源的需求量较大,水资源较为稀缺,因此各类水资源影子价格均较高。对比表 1 和表 5 可以发现,2015 年全国生产用水影子价格低于 2002 年,这是因为模型中隐含一个假设,即随着时间的推移和技术水平的提高,工业对水资源的利用效率提高,用水需求有所降低,从而使得 2015 年全国水资源影子价格相比 2002 年有所下降。从各流域的影子价格比较中可以发现,海河、黄河、松辽等流域 2015 年的生产用水影子价格比 2002 年有所下降,而其他流域的有所上涨,这是因为“十二五”期间之间存在跨流域调水,由水资源丰富的流域调水到水资源短缺的海河流域等,造成当地供水量一定程度的降低,进而使当地水资源的影子价格提高。但对比 2015 年和 2002 年全国各行业的水资源影子价格,发现基本上都是降低的,这说明从全国的范围来看,这种区域间的调水对缓解我国整体的水资源短缺压力是有益

的,这也是我国实施南水北调工程的意义所在。

对比表 4 和表 5 可以看出,2020 年各大流域各类水资源的影子价格大小顺序并没有发生大的变化,基本上还是工业用水的影子价格相对较高,农业用水的影子价格最低。在九大流域中,大体上依然是海河流域各类用水的影子价格最高,西南和内陆流域各类用水的影子价格最低。同时,2020 年各大流域各类水资源的影子价格均比 2015 年略有提高,其中全国生产用水、工业用水、农业用水、生活用水、生态环境用水影子价格的涨幅分别为 2.2%、1.3%、1.5%、0.3% 和 3.2%。由于技术的创新对经济的发展有一定的延迟或滞后效应,体现在模型里就是万元工业增加值用水量的下降速度小于用水量占水资源总量比例的上升速度,导致 2020 年各流域水资源的影子价格相对 2015 年有所上涨。但从长期来看,用水效率的提高会有效缓解水资源短缺的压力,这是 2015 年和 2020 年水资源影子价格相对 2002 年都呈下降趋势的主要原因。

4 结 语

基于 2002 年全国及九大流域水资源投入占用产出表,以当年 GDP 最大为目标函数,将水资源投入占用产出表中的平衡关系纳入优化模型的约束条件,建立了用于求解水资源影子价格的线性规划模型,从理论上计算了 2002 年全国及九大流域农业用水、工业用水、生活用水、生态用水及总的生产用水的影子价格。将实际水价与计算结果对比,发现实际水价明显偏低,需要适当上调水价。

将计算结果进行因素分析,并应用回归分析方法建立了预测农业用水、工业用水、生活用水、生态用水及总的生产用水的影子价格的非线性回归模型,该模型不依赖于水资源投入占用产出表,计算简便,易于应用。应用该模型预测了 2015 年和 2020 年全国和九大流域的农业用水、工业用水、生活用水、生态用水及总的生产用水的影子价格。结果表明,2015 年海河流域各类水资源的影子价格在九大流域中均为最高;2020 年各大流域各类水资源的影子价格大小顺序并没有发生大的变化,在 4 类水资源中基本上还是工业用水的影子价格最高,农业用水的影子价格最低;在九大流域中,依然是海河流域的影子价格基本最高;2020 年九大流域各类水资源的影子价格均比 2015 年有所提高,但从长期看,由于用水效率的提高,2015 年、2020 年水资源影子价格相比 2002 年均呈下降趋势。

参考文献:

[1] 中国工程院“21 世纪中国可持续发展水资源战略研

- 究”项目组.中国可持续发展水资源战略研究综合报告[J].中国工程科学,2000,2(8):1-17. (Project Group of “Strategic Research on Sustainable Development of Water Resource in China in 21st Century”, Chinese academy of engineering. Strategic research on sustainable development of water resource in China [J]. Engineering Science, 2000,2(8):1-17. (in Chinese))
- [2] 王克强,刘红梅,黄智俊.我国灌溉水价格形成机制的问题及对策[J].经济问题,2007(1):25-27. (WANG Keqiang, LIU Hongmei, HUANG Zhijun. The problems and countermeasures of irrigation water price formation mechanism [J]. On Economic Problems, 2007(1):25-27. (in Chinese))
- [3] 秦长海,甘泓,张小娟,等.水资源定价方法与实践研究Ⅱ:海河流域水价探析[J].水利学报,2012,43(4):429-436. (QIN Changhai, GAN Hong, ZHANG Xiaojuan, et al. Study on water pricing method and price: discussion on water price of the Haihe Basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 43(4):429-436. (in Chinese))
- [4] CARTER H, IRERI D. Linkage of California-Arizona input output models to analyze water transfer pattern [J]. Applications of Input Output Analysis, 1970, 11(3):139-168.
- [5] ZBIGNIEW W, KUNDZEWIC Z. Water resources for sustainable development [J]. Hydrological Sciences, 1997, 42(4):467-480.
- [6] 宋建军,张庆杰,刘颖秋.2020年我国水资源保障程度分析及对策建议[J].水资源管理,2004(9):14-17. (SONG Jianjun, ZHANG Qingjie, LIU Yingqiu. Analysis of safety factor of water resources in China in 2020 and strategy suggestion [J]. China Water Resources, 2004(9):14-17. (in Chinese))
- [7] 赵景文.影子价格分析[J].经济管理与干部教育,1995(2):6-11. (ZHAO Jingwen. Shadow price analysis [J]. Economic Management and Cadre Education, 1995(2):6-11. (in Chinese))
- [8] 赵光滨.影子价格研究[J].黑龙江水利科技,1997(2):108-109. (ZHAO Guangbin. Shadow price research [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 1997(2):108-109. (in Chinese))
- [9] 吴恒安.应用分解成本法测算水的影子价格[J].水利经济,1997(2):41-50. (WU Hengan. Application of decomposition cost estimates of the shadow price of water [J]. Economics of Water Resources, 1997(2):41-50. (in Chinese))
- [10] 张志乐.水作为供水项目产出物的影子价格测算理论和方法[J].水利科技与经济,1999,5(1):8-14. (ZHANG Zhile. Water as shadow price of a water supply project outputs measure theory and method [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 1999, 5(1):8-14. (in Chinese))
- [11] 曾祺,潘恒.浅谈运用影子价格理论制定水价[J].技术经济研究与管理,1999(4):38-39. (CENG Zhen, PAN Heng. On the use of shadow price theory to develop water price [J]. Tecnoeconomics & Management Research, 1999(4):38-39. (in Chinese))
- [12] 汪党献,王浩,尹明万.水资源,水资源价值,水资源影子价格[J].水科学进展,1999(2):195-200. (WANG Dangxian, WANG Hao, YIN Mingwan. Water resource water resource value water shadow price [J]. Advances in Water Science, 1999(2):195-200. (in Chinese))
- [13] 刘秀丽,陈锡康.生产用水和工业用水影子价格计算模型和应用[J].水利水电科技进展,2003,23(4):14-17. (LIU Xiuli, CHEN Xikang. Calculating models for shadow prices of industrial and productive water and their application [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2003, 23(4):14-17. (in Chinese))
- [14] 刘秀丽,陈锡康,张红霞,等.水资源影子价格计算和预测模型研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(2):162-165. (LIU Xiuli, CHEN Xikang, ZHANG Hongxia, et al. Water shadow price calculation and forecast models research [J]. China Population Resources and Environment, 2009, 19(2):162-165. (in Chinese))
- [15] 陈锡康.经济数学方法与模型[M].北京:中国财政经济出版社,1985:6-10.
- [16] 毛春梅.工业用水量的价格弹性计算[J].工业用水与废水,2005,36(6):1-4. (MAO Chunmei. Calculation of price elasticity of industrial water [J]. Industrial Water & Waste Water, 2005, 36(6):1-4. (in Chinese))
- [17] 商崇菊,高峰,郝志斌,李军.南水北调中线工程用水户水价承受能力分析[J].人民黄河,2008,30(12):62-64. (SHANG Chongju, GAO Feng, HAO Zhibin, et al. Water price affordability analysis of consumers in Midline of South-north water transfer project [J]. Yellow River, 2008, 30(12):62-64. (in Chinese))
- [18] 廖永松.灌溉水价改革对灌溉用水、粮食生产和农民收入的影响分析[J].中国农村经济,2009(1):39-49. (LIAO Yongsong. The analysis of irrigation water price reform influence on irrigation water, grain production and farmer's income [J]. Chinese Rural Economy, 2009(1):39-49. (in Chinese))
- [19] 刘秀丽,陈锡康.投入产出分析在我国九大流域水资源影子价格计算中的应用[J].管理评论,2003,15(1):49-53. (LIU Xiuli, CHEN Xikang. The application of Input-Output analysis for calculating shadow prices of water resources of Chinese nine drainage areas [J]. China and Foreign Management Review, 2003, 15(1):49-53. (in Chinese))
- [20] 钱正英,张光斗.中国可持续发展水资源战略研究综合报告及专题报告:中国可持续发展水资源战略研究报告集(第1卷)[M].北京:中国水利水电出版社,2001:1-10.

(收稿日期:2013-05-09 编辑:骆超)