

我国水资源利用效率和节水潜力

刘秀丽,张 标

(中国科学院数学与系统科学研究院,北京 100190)

摘要:为分析我国水资源利用效率和节水潜力,以海河流域为参照地区,基于 1999 年、2002 年和 2007 年全国和海河流域水利投入占用产出表,通过比较全国和海河流域分部门的用水效率,建立了分部门节水潜力的计算模型,并应用该模型计算了全国相对海河流域生产部门中分三次产业和分 51 部门及消费部门中居民部门的节水潜力。计算结果表明:全国相对海河流域的总节水潜力在 1999—2007 年期间不断扩大;全国第一产业和第二产业中的工业部门相对海河流域的节水潜力较大,第二产业中的建筑业和第三产业相对海河流域的节水潜力较小;全国居民部门相对海河流域的节水潜力主要体现在农村居民部门,城镇居民部门相对海河流域的节水潜力为负。从细分的 51 部门来看,除农业部门以外,全国相对海河流域节水潜力较大的部门主要有电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)、化学工业、金属冶炼及压延加工业、造纸印刷及文教用品制造业、食品制造及烟草加工业等。

关键词:用水效率;节水潜力;水利投入占用产出表;细分产业部门;海河流域

中图分类号:TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2015)03-0005-06

Water use efficiency and water conservation potential in China//LIU Xiuli,ZHANG Biao(*Academy of Mathematics and Systems Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190*)

Abstract: To analyze water use efficiency and water saving potential in China, based on the water conservancy input-occupancy-output tables of China and Haihe River basin in 1999, 2002 and 2007, we proposed a model to calculate water saving potential by sector compared with Haihe River basin, and a model to calculated the water conservation potential by sector. We applied the model in China compared with Haihe River basin and we found that the total water conservation potential of the national economy, compared with Haihe River basin, expanded from 1999 to 2007. Water conservation potential in the primary industry and the secondary industry was relatively large while water conservation potential in the tertiary industry and construction industry was small. In comparison with urban residents, rural residents showed more water conservation potential. Besides the agricultural sector, sectors, such as electricity, steam, hot water production and supply industry(without water electricity), chemical industry, metal smelting and rolling processing industry, paper printing and stationery manufacturing industry, food production and tobacco processing industry, among others, also showed great water conservation potential.

Key words: water use efficiency; water-saving potential; water conservancy input-occupancy-output table; detailed sector classification; Haihe River Basin

我国是一个水资源十分短缺的国家,大力提高水资源的利用效率,挖掘各部门的节水潜力是我国水资源管理的必然选择。深入研究我国各部门的用水效率和节水潜力,不仅能在部门层面为我国制定节水目标提供定量依据,而且有利于解决与水相关的环境问题和水资源战略规划,从而实现经济的可持续发展。

从已有成果^[1-8]来看,计算节水潜力的方法主要有通过与国外用水效率高的国家和地区进行比较、与国内用水效率高的省份及地区进行比较和与用水

定额进行比较等。与国外用水效率高的国家和地区进行比较的研究主要集中于对发达国家经验的借鉴,如贾金生等^[1]比较了我国和美国、日本、英国等国的用水总量和用水效率,认为我国应该调整用水结构和加强水资源管理,从而提高用水效率;冯杰^[2]比较分析了我国和美国的用水总量和用水效益,认为用水总量主要取决于经济规模和用水效益,而不是人口规模;马静等^[3]将我国水资源利用效率与美国、日本等国家进行了比较,认为我国水资源利用效率与发达国家相比差距明显,节水潜力很大;秦

福兴等^[4]分析了南水北调中线和东线受水区的城镇生活用水节水现状与世界先进节水水平的差距和节水潜力。与国内用水效率高的省份及地区进行比较的研究主要基于如下假定:国内各省份及地区在相似的国家宏观管理体制下,经济、社会、人口等多个方面存在较高的相似性,参照省份及地区的用水效率是研究对象可能达到的目标。如王铮等^[5]对中国未来发展中的水资源问题进行了分析,认为如果我国产业结构没有明显进步,Brown 等^[6]对中国会因缺水影响经济发展的预言将成为现实,但如果调整产业结构到北京的产业结构水平,我国的可持续发展是可能的,并测算了在此情景下我国 2010 年和 2030 年的节水潜力;朱启荣^[7]对我国各地区的工业用水效率和节水潜力进行了实证研究,认为我国工业用水资源配置偏离了效率原则,各地区工业用水效率存在较大差异,并以山东省的用水效率为参照,测算了其他省份和地区相对于山东省的节水潜力。用水定额法通过比较实际用水与用水定额的差额计算节水潜力,但过度依赖于用水定额的设定。如郑在洲等^[8]运用定额需求计算法和给用排分别计算法计算了黄淮海流域 2010 年的工业节水潜力,认为未来节水指标的变动主要由工业结构调整和新发展工业用水的高低决定;张国辉等^[9]运用定额用水法,结合用水规划分别计算了滦河流域 2015 年和 2030 年的城镇生活用水、工业用水、农业用水和第三产业的节水潜力。除此之外,刘建刚等^[10]采用水资源合理配置模型 WACM 计算分析了徒骇马颊流域不同尺度的农业节水潜力;程普云^[11]以 2000 年为现状水平年,从推行节水型器具及城镇管网改造两个方面,预测分析了 2010 年、2020 年及 2030 年不同水平年山西省城镇生活用水节水潜力。

从研究对象来看,已有对节水潜力的研究主要集中在整体层面,从部门层面对节水潜力进行的研究很少,导致对各部门节水目标设定的决策支持力度不足。通过计算各部门的节水潜力,有利于掌握各部门的节水情况,明确重点节水部门,进而提高节水政策制定的有效性和可操作性。本文在对现有节水潜力计算模型进行分析的基础上,选择与国内用水效率高的省份和地区进行比较的节水潜力计算模型,以海河流域作为参照地区计算全国各部门的节水潜力。选择海河流域作为参照地区主要是因为海河流域是我国九大流域中用水效率最高的流域^[12-13],且相对北京、山东等单一省市或地区覆盖的地域更广,产业结构更加多样;此外,国际上和我国的水资源管理均主要以流域管理为主^[14]。

1 节水潜力计算模型与数据来源

1.1 直接用水系数和完全用水系数

某部门 j 的直接用水系数 a_{wj} 定义为该行业实现单位产出的用水量:

$$a_{wj} = \frac{w_j}{x_j} \tag{1}$$

式中: w_j 为部门 j 的直接用水量; x_j 为部门 j 的总产出。

某部门 j 的完全用水系数 b_{wj} 定义为生产该部门单位产出所引致的整个经济体系的总用水量:

$$b_{wj} = a_{wj} + \sum b_{wi}a_{ij} \tag{2}$$

将式(2)用矩阵形式表示为:

$$\mathbf{B}_w = \mathbf{A}_w + \mathbf{B}_w \mathbf{A} \tag{3}$$

经过简单的矩阵变换得到:

$$\mathbf{B}_w = \mathbf{A}_w (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \tag{4}$$

其中

$$\mathbf{B}_w = (b_{w1}, b_{w2}, \dots, b_{wn})$$

$$\mathbf{A}_w = (a_{w1}, a_{w2}, \dots, a_{wn})$$

式中: $\mathbf{A}$ 为直接消耗系数矩阵, $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n}$; n 为投入产出表中生产部门的个数。

直接用水系数反映了单位产值的直接用水量,但是一个部门生产产品除了需要水的投入之外,还需要其他投入,而这些投入在生产过程中也需要水的投入,在研究各部门用水效率时还需要考虑蕴涵于投入品中的用水量,以及更下一级的用水量等,这就是完全用水量的经济含义^[15-24]。

对于居民部门,定义用水效率 a_{wr} 为年人均用水量:

$$a_{wr} = \frac{w_r}{p} \tag{5}$$

式中: w_r 为居民部门的直接用水量; p 为当期的人口数。

1.2 节水潜力计算模型

以用水效率最高的海河流域为参照地区,全国各生产部门相对海河流域的节水潜力可以用公式(6)计算,全国居民部门相对海河流域的节水潜力可以用公式(7)计算。全国总节水潜力如公式(8)所示。

$$W_{spj} = w_j - a_{hwj}x_j \quad (j = 1, 2, \dots, 51) \tag{6}$$

$$W_{spr} = w_r - a_{hwr}p \tag{7}$$

$$W_{sp} = \sum_{j=1}^{51} W_{spj} + W_{spr} \tag{8}$$

式中: W_{spj} 为全国表中生产部门 j 的节水潜力; W_{spr} 为全国表中居民部门的节水潜力; W_{sp} 为全国总节水潜力; a_{hwj} 为海河流域部门 j 的直接用水系数; x_j 为全国表中部门 j 的总产出; w_j 为全国表中部门 j 的用水

量; a_{hwr} 为海河流域居民部门的人均用水量; p 为全国人口数。与 W_{sp} 的计算方法类似,还可以计算全国三次产业相对海河流域的总节水潜力。

1.3 数据来源

本研究采用由中国科学院数学与系统科学研究院水资源课题组编制的1999年、2002年和2007年51部门的全国和海河流域水利投入占用产出表(以下简称全国表和海河流域表),51部门的具体分类见文献[14,22],其中投入产出部分是以国家统计局颁布的投入产出表为基础编制的,各部门用水量是以相应年份的《水资源公报》和《中国统计年鉴》的数据为基础编制的。

2 节水潜力计算结果及分析

2.1 整体层面的分析

应用上述节水潜力计算模型,首先计算51个细分部门的直接用水系数和完全用水系数,2002年全国和海河流域的计算结果见表1。基于表1的计算结果,计算整体层面三次产业和居民部门的节水潜力,测算结果见表2。

由表2可知,我国1999年的总节水潜力为1226.23亿 m^3 ,占当年用水量的21.9%;2007年的总节水潜力为2621.41亿 m^3 ,占当年用水量的45.0%。节水潜力在1999—2007年期间增加了1395.18亿 m^3 ,并且占各年用水量的比例增加较多。这说明在此期间虽然我国用水总量增加不大,但与海河流域用水效率的差距却在扩大,导致我国节水潜力总量和占各年用水量的比例增加。

对于三次产业部门,我国第一产业的节水潜力最大,1999年和2007年第一产业的节水潜力均超过了节水潜力总量的50%。第二产业的节水潜力主要体现在工业部门,1999年第二产业的节水潜力占节水潜力总量的45.5%,其中工业部门的节水潜力占第二产业节水潜力的98.9%;2007年第二产业的节水潜力占节水潜力总量的40.7%,其中工业部门的节水潜力占第二产业节水潜力的97.9%。第二产业中建筑业的节水潜力相对较小,但在此期间的变化较大,1999年至2007年增加了2倍多。第三产业的节水潜力相对较小,在此期间第三产业的节水潜力先增加后减少。

对于居民部门,节水潜力主要体现在农村居民部门。从1999年到2007年,全国农村居民的节水潜力从57.13亿 m^3 增加到了133.19亿 m^3 ,主要原因是海河流域属于资源型严重缺水地区,在建设节水型社会方面实施了多项强有力的措施,如2007年河北省试点区实现农村生活节水达40%~50%。

表1 2002年全国和海河流域51部门的直接

		用水系数和完全用水系数				$\text{m}^3/\text{万元}$
部门代码	部门名称	直接用水系数		完全用水系数		
		全国	海河流域	全国	海河流域	
1	农业(不含淡水养殖、生态林)	1 297	985	2 452	1 557	
2	煤炭采选业	24	14	453	386	
3	石油和天然气开采业	41	15	633	274	
4	金属矿采选业	80	42	376	124	
5	非金属矿采选业	109	55	304	143	
6	食品制造及烟草加工业	72	45	702	506	
7	纺织业	35	20	302	109	
8	服装皮革羽绒及其他纤维制品制造业	63	30	204	89	
9	木材加工及家具制造业	28	12	242	125	
10	造纸印刷及文教用品制造业	201	117	881	398	
11	石油加工及炼焦业	26	12	930	465	
12	化学工业	109	59	1 993	940	
13	非金属矿物制品业	70	28	1 106	514	
14	金属冶炼及压延加工业	96	56	1 571	979	
15	金属制品业	55	27	887	612	
16	机械工业	50	21	1 236	587	
17	交通运输设备制造业	21	12	601	312	
18	电气机械及器材制造业	28	10	485	204	
19	电子及通信设备制造业	8	4	774	306	
20	仪器仪表及文化办公用机械制造业	14	4	183	69	
21	机械设备修理业	20	5	223	51	
22	其他制造业	42	71	175	110	
23	废品及废料	27	6	131	51	
24	电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)	154	65	949	484	
25	煤气生产和供应业	49	35	71	50	
26	建筑业(不含水利建筑业)	14	8	438	259	
27	货物运输及仓储业(不含淡水运输业)	8	5	1 205	645	
28	邮电业	3	1	522	280	
29	商业	9	5	2 143	1 053	
30	饮食业	42	26	883	819	
31	旅客运输业(不含淡水客运业)	3	1	1 070	398	
32	金融保险业	3	1	1 728	614	
33	房地产业	1	0	170	105	
34	社会服务业(不含污水处理)	19	17	466	185	
35	卫生体育和社会福利业	3	2	87	24	
36	教育文化艺术及广播电视业	3	2	195	62	
37	科学研究事业	2	1	23	19	
38	其他综合技术服务业(不含水生态和水利管理)	14	5	1 140	139	
39	行政机关及其他行业	2	1	15	11	
40	防洪除涝河道整治水利建筑业	28	7	37	9	
41	防洪减灾水利管理业	7	2	42	6	
42	水利生态环境建筑业	23	8	162	150	
43	水利生态环境建设(非建筑业)	22 506	8 999	22 518	9 001	
44	专用水源工程及水电特定水库建筑业	16	4	20	5	
45	供水及综合利用水利管理业	16	4	23	4	
46	污水处理业	61	18	64	21	
47	农业灌溉及农村供水业	44	26	57	43	
48	城市及工业供水业	19	11	110	21	
49	水力发电	5	7	70	22	
50	内河航运业	14	7	46	7	
51	淡水养殖业	850	245	986	290	

表 2 我国三次产业和居民部门节水潜力测算结果 亿 m³

年份	第一产业	第二产业		第三产业	居民部门		总量
		工业	建筑业		农村	城镇	
1999	666.64	552.13	6.24	23.03	57.13	-78.94	1226.23
2002	930.75	516.40	18.17	84.97	118.34	-11.53	1657.09
2007	1375.53	1044.83	22.01	49.71	133.19	-3.87	2621.41

海河流域农村居民用水效率的大幅提高,使得全国农村居民的节水潜力显著增加。全国城镇居民相对海河流域城镇居民的节水潜力为负,说明全国城镇居民年人均用水量比海河流域少,这主要是因为海河流域经济较发达,城镇居民收入相对较高,非基本生活用水量较高。

2.2 主要细分部门层面的分析

农业部门(即第一产业)和居民部门的节水潜力已经在整体层面部分进行了分析,本节主要分析除此以外的其余部门的节水潜力。将其余部门按照节水潜力从高到低排序,在 1999 年、2002 年和 2007 年节水潜力均靠前的部门有电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)、化学工业、金属冶炼及压延加工业、造纸印刷及文教用品制造业、食品制造及烟草加工业等,这几个部门在 1999 年、2002 年和 2007 年的节水潜力见表 3。

表 3 重点部门节水潜力测算结果 亿 m³

部 门	1999 年	2002 年	2007 年
电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)	228.71	64.77	319.12
化学工业	64.19	109.47	189.47
金属冶炼及压延加工业	25.16	60.45	112.23
造纸印刷及文教用品制造业	53.76	59.27	95.68
食品制造及烟草加工业	39.53	40.01	87.46

为了分析表 3 中这几个重点部门节水潜力变动的影响因素,本文从用水效率和因素分解分析两个角度进行分析。用水效率采用直接用水系数和完全用水系数两个指标来评价(见表 4 和表 5);因素分解分析采用两极分解法,将交互效应平均分配到两个因素的纯效应中。由公式(6)有

$$W_{spj} = w_j - a_{hwj}x_j = (a_{wj} - a_{hwj})x_j = \Delta a_{wj}x_j \quad (9)$$
将式(9)通过因素分解分析中的两极分解法可得

$$\begin{aligned} \Delta W_{spj} &= (\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})x_0 + \Delta a_{0wj}(x_1 - x_0) + (\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})(x_1 - x_0) = \\ &\left[(\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})x_0 + \frac{1}{2}(\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})(x_1 - x_0) \right] + \\ &\left[\Delta a_{0wj}(x_1 - x_0) + \frac{1}{2}(\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})(x_1 - x_0) \right] = \\ &\frac{1}{2}(\Delta a_{1wj} - \Delta a_{0wj})(x_0 + x_1) + \frac{1}{2}(\Delta a_{1wj} + \Delta a_{0wj})(x_1 - x_0) \end{aligned} \quad (10)$$

式中下标 0、1 分别表示期初和期末。因素分解结果见表 6。

表 4 全国表部分部门用水效率测算结果 m³/万元

部 门	直接用水系数			完全用水系数		
	1999 年	2002 年	2007 年	1999 年	2002 年	2007 年
电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)	811	154	145	1087	949	597
化学工业	94	109	42	1145	1993	1047
金属冶炼及压延加工业	69	96	23	588	1571	1037
造纸印刷及文教用品制造业	284	201	114	547	881	370
食品制造及烟草加工业	76	72	30	741	702	1146

表 5 海河流域表部分部门用水效率测算结果 m³/万元

部门	直接用水系数			完全用水系数		
	1999 年	2002 年	2007 年	1999 年	2002 年	2007 年
电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)	267	65	27	587	484	542
化学工业	57	59	11	720	940	822
金属冶炼及压延加工业	42	56	4	390	979	677
造纸印刷及文教用品制造业	185	117	49	353	398	283
食品制造及烟草加工业	50	45	9	851	506	399

表 6 全国表部分部门节水潜力变动因素分解结果 亿 m³

部 门	时 间	Δa_{wj}	Δx_{wj}
电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)	1999—2002 年	-261.21	97.27
	2002—2007 年	49.77	204.58
	1999—2007 年	-665.59	756.00
化学工业	1999—2002 年	25.51	19.77
	2002—2007 年	-78.86	158.86
	1999—2007 年	-23.54	148.82
金属冶炼及压延加工业	1999—2002 年	15.88	19.41
	2002—2007 年	-77.89	129.67
	1999—2007 年	-27.35	114.42
造纸印刷及文教用品制造业	1999—2002 年	-9.36	14.87
	2002—2007 年	-20.69	57.10
	1999—2007 年	-34.26	76.18
食品制造及烟草加工业	1999—2002 年	1.50	-1.02
	2002—2007 年	-16.94	64.39
	1999—2007 年	-14.21	62.14

注: Δa_{wj} 、 Δx_{wj} 分别为 a_{wj} 和 x_j 变动引起的用水量变动的大小。

由表 3 可知,在 1999 年部门 24(电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电))的节水潜力占工业部门节水潜力总量的 41%;2007 年该占比为 31%,部门 24 的节水潜力在 1999—2007 年期间增加了 90.41 亿 m³。由表 1 知,全国表中部门 24 的直接用水系数和完全用水系数相对海河流域都减小很多。由表 6 知,相对用水效率的变动使得部门 24 的节水潜力减少了 665.59 亿 m³,总产出的变动使得节水潜力增加了 756 亿 m³,总产出变动是节水潜力增加的主要影响因素。类似地,在 1999—2007 年期间,部门 12(化学工业)、部门 14(金属冶炼及压延加工

业)的节水潜力都增加了,总产出的增加是其节水潜力增大的主要影响因素。这说明对这些部门来说,用水效率提高的效应没有抵消掉总产出增加而带来的用水增加的效应。

根据发达国家的经验,这些工业部门的总产值不可能一直高速增长,工业用水量也不会一直增长,而是有停止增长甚至转而下降的时候。表6中所列的这些部门在1999—2007年均作为劳动-资本密集型的工业部门,根据发达国家的经验,产业结构升级(即产业类型由耗水多的劳动-资本密集型向耗水少的技术-知识密集型转变)是发达国家工业用水减少的根本原因之一。产业升级的主要途径是:①在第二产业内部,劳动-资本密集型的纺织、冶金、石油化工等行业逐步让位给技术-知识密集型的电子、新材料等新兴行业;②在传统行业内部,尤其是高耗能、高污染的加工环节转移到发展中国家,在发达国家只保留研究开发、市场营销等部门。我国可以借鉴发达国家的经验,一方面促进产业结构升级,另一方面考虑将高耗水部门的加工环节转移到水资源丰富和经济相对落后需要投资扶持的国家和地区^[23]。

3 结 论

a. 全国相对海河流域的总节水潜力在1999—2007年期间不断扩大。

b. 全国第一产业相对海河流域的节水潜力最大,超过了总节水潜力的50%;第二产业中的工业部门的节水潜力也较大,占第二产业节水潜力的80%以上;第二产业中的建筑业和第三产业的节水潜力较小,但两者的变化较大。

c. 全国居民部门相对海河流域的节水潜力主要体现在农村居民部门。全国农村居民部门相对海河流域的节水潜力由1999年的57.13亿m³增加到2007年的133.19亿m³。我国城镇居民相对海河流域的节水潜力为负,说明我国城镇居民年人均用水量比海河流域少。

d. 全国相对海河流域节水潜力较大的部门有农业、电力及蒸汽热水生产和供应业(不含水电)、化学工业、金属冶炼及压延加工业、造纸印刷及文教用品制造业、食品制造及烟草加工业等,总产出的增长是这些部门节水潜力变大的主要影响因素。

参考文献:

[1] 贾金生,马静,杨朝晖,等. 国际水资源利用效率追踪与比较[J]. 中国水利,2012(5):12-17. (JIA Jinsheng, MA Jing, YANG Chaohui, et al. Tracing and comparison of international water resources utilization efficiency [J].

China Water Resources,2012(5):12-17. (in Chinese))

[2] 冯杰. 中美两国用水比较分析[J]. 中国水利,2010(1):41-44. (FENG Jie. Comparative analysis on the water consumption in China and America [J]. China Water Resources,2010(1):41-44. (in Chinese))

[3] 马静,陈涛,申碧峰,等. 水资源利用国内外比较与发展趋势[J]. 水利水电科技进展,2007,27(1):6-10. (MA Jing, CHEN Tao, SHEN Bifeng, et al. Comparison of water resources utilization and its development at home and abroad[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2007,27(1):6-10. (in Chinese))

[4] 秦福兴,耿雷华,陈晓燕. 南水北调中线与东线受水区城市生活节水分析[J]. 水利水电科技进展,2004,24(2):12-15. (QIN Fuxin, GENG Leihua, CHEN Xiaoyan. Urban water saving analysis for water supplied regions on the middle and east routes of South-to-North water transfer project[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2004,24(2):12-15. (in Chinese))

[5] 王铮,冯皓洁,许世远. 中国经济发展中的水资源安全分析[J]. 中国管理科学,2001,9(4):47-56. (WANG Zheng, FENG Haojie, XU Shiyuan. Analysis of water resources problems in Chinese economic development [J]. Chinese Journal of Management Science, 2001, 9(4):47-56. (in Chinese))

[6] BROWN L R, HALWEIL B. China's water shortage could shake world food security [J]. World Watch, 1998, 11(4):10-21.

[7] 朱启荣. 中国工业用水效率与节水潜力实证研究[J]. 工业技术经济,2007,26(9):48-51. (ZHU Qirong. Empirical study of China's industrial water use efficiency and water saving potential [J]. Industrial Technology & Economy,2007. 26(9):48-51. (in Chinese))

[8] 郑在洲,耿雷华,常本春,等. 工业节水潜力计算方法探讨[J]. 水利水电技术,2004,35(1):71-74. (ZHENG Zaizhou, GENG Leihua, CHANG Benchun, et al. Study on industrial water saving potential calculation method [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2004, 35(1):71-74. (in Chinese))

[9] 张国辉,高婕,郑苗. 滦河流域节水潜力估算[J]. 水科学与工程技术,2012(2):16-19. (ZHANG Guohui, GAO Jie, ZHENG Miao. Water saving potential estimated of Luan River basin [J]. Water Sciences and Engineering Technology,2012(2):16-19. (in Chinese))

[10] 刘建刚,赵勇,裴源生,等. 徒骇马颊河流域不同尺度农业节水潜力[J]. 水利水电科技进展,2012,32(1):50-53. (LIU Jiangang, ZHAO Yong, PEI Yuansheng, et al. Agricultural water saving potential at different scales in Tuhaimajia River basin [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(1):50-53. (in

Chinese))

[11] 程普云. 山西省城镇生活节水潜力分析[J]. 水利水电科技进展, 2005, 24(6): 41-43. (CHEN Puyun. Potential analysis of urban domestic water saving in Shanxi province [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2005, 24(6): 41-43. (in Chinese))

[12] 孙小玲, 钟勇. 海河流域国民经济用水边际效益初探[J]. 水利发展研究, 2011(11): 34-37. (SUN Xiaoling, ZHONG Yong. Study on marginal benefit of water consumption in Haihe River Basin [J]. Water Resources Development Research, 2011(11): 34-37. (in Chinese))

[13] 汪林, 甘泓, 谷军方, 等. 海河流域水经济价值特征辨析[J]. 水利学报, 2010, 41(6): 646-652. (WANG Lin, GAN Hong, GU Junfang, et al. Study on characteristics of economic value of water in Haihe River Basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(6): 646-652. (in Chinese))

[14] LIU X, CHEN X. Methods for Approximating the Shadow Price of Water in China [J]. Economic Systems Research, 2008, 20(2): 173-185.

[15] 徐丽萍, 王立, 李金林. 基于隐含能的行业完全能源效率评价模型研究[J]. 中国环境科学, 2012, 32(11): 2095-2102. (XU Liping, WANG Li, LI Jinlin. Evaluation model of sectors' energy efficiency based on embodied energy [J]. China Environmental Science, 2012, 32(11): 2095-2102. (in Chinese))

[16] 高媛媛, 许新宜, 王红瑞, 等. 中国水资源利用效率评估模型构建及应用[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(3): 776-784. (GAO Yuanyuan, XU Xinyi, WANG Hongrui, et al. New model for water use efficiency evaluation of China and its application [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2013, 33(3): 776-784. (in Chinese))

[17] 白颖, 王红瑞, 许新宜, 等. 水资源利用效率及评价方法若干问题研究[J]. 水利经济, 2010, 28(3): 1-4. (BAI Ying, WANG Hongrui, XU Xinyi, et al. Relevant issues on utilization efficiency and evaluation methods for water resources [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2010, 28(3): 1-4. (in Chinese))

[18] FANG Q X, MA L, GREEN T R, et al. Water resources and water use efficiency in the North China Plain: Current status and agronomic management options [J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(8): 1102-1116.

[19] HU J L, WANG S C, YE H F Y. Total-factor water efficiency of regions in China [J]. Resources Policy, 2006, 31(4): 217-230.

[20] 岳立, 赵海涛. 环境约束下的中国工业用水效率研究:

基于中国 13 个典型工业省区 2003—2009 年数据[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2071-2079. (YUE Li, ZHAO Haitao. China's water use efficiency of industry under environmental constraints based on data of 13 industrial regions during the period 2003 to 2009 [J]. Resources Science, 2011, 33(11): 2071-2079. (in Chinese))

[21] 范群芳, 董增川, 杜芙蓉. 农业用水和生活用水效率研究与探讨[J]. 水利学报, 2007(增刊1): 465-469. (FAN Qunfang, DONG Zengchuan, DU Furong. Study of agriculture water and live water use efficiency [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007 (Supl): 465-469. (in Chinese))

[22] LIU X, CHEN X, WANG S. Evaluating and predicting shadow prices of water resources in China and its nine major river basins [J]. Water Resources Management, 2009, 23(8): 1467-1478.

[23] 贾绍凤. 工业用水零增长的条件分析: 发达国家的经验[J]. 地理科学进展, 2001, 20(1): 51-59. (JIA Shaofeng. The linkage between industrial water use decrease and industrial structural upgrade: experience of developed countries [J]. Progress in Geography, 2001, 20(1): 51-59. (in Chinese))

(收稿日期: 2014-03-20 编辑: 熊水斌)

· 简讯 ·

中国农业水土资源保护与自然农法国际论坛 将于 2015 年 7 月 24—27 日举办

为深入研究和探讨农业水利、自然农法、生态农业、农业节水、水土环境保护以及水土资源可持续利用领域的学术问题, 加强该领域学者的国际国内交流与合作, 河海大学南方地区高效灌排与农业水土环境教育部重点实验室联合日本自然农法国际研究开发中心和上海大学, 拟定于 2015 年 7 月 24—27 日在南京/上海举办中国农业水土资源保护与自然农法国际论坛。会议主要议题包括: ①有机农业、自然农法研究与实践; ②有效微生物技术(EM)在水土环境修复以及盐碱地改良中的应用; ③劣质水的灌溉模式和高效安全利用; ④农业生物环境工程及农业废弃物循环利用; ⑤节水灌溉技术和控制排水技术的生态环境效应; ⑥农作物水肥微生物协作效应与耦合机制; ⑦农业水利、生态水利和农业面源污染防治; ⑧土壤连作障碍及其修复技术与模式; ⑨农业水土保持理论与技术; ⑩智能化灌溉理论与技术。

(本刊编辑部供稿)