

产业用水关联与结构优化

宋 敏,田贵良

(河海大学商学院,江苏 南京 210098)

摘要 针对水资源短缺以及产业直接用水量不能完全反映产业的真实水资源依存度等问题,提出了产业用水关联思想及其测度方法,并在实证基础上综合考虑了产业关联度(影响力系数和感应度系数)和完全用水量,给出了产业结构优化措施:调整农业内部产业结构,发展经济带动性强并对水资源依赖度低的工业部门,推动第三产业内部结构升级。

关键词 用水关联;产业关联;完全用水量;产业结构优化

中图分类号 F223 **文献标识码** A **文章编号** 1000-198X(2008)04-0566-05

我国是一个水资源较为短缺的国家,由于水资源需求的主体部分是生产性用水,水资源消耗与产业结构的设置具有极大的相关性。因此,探讨产业用水关联规律,并根据此规律设置符合我国水资源禀赋条件的产业结构,对缓解我国水资源短缺与经济发展这一突出矛盾具有重要的意义。赫希曼的不平衡增长理论认为,发展中国家资源稀缺,只能把有限的资源有选择地投入到某些行业,以使有限资源最大限度地发挥促进经济增长的效果^[1]。投入产出技术是研究经济发展与水资源协调问题的一种有效方法。Carter 等^[2]利用地区间投入产出模型研究了加利福尼亚州和亚利桑那州的水资源利用和分配问题。Thoss 等^[3-4]利用投入产出模型研究了水资源管理和水资源供需平衡问题。Duarte^[5]利用投入产出分析方法研究了西班牙生产部门直接和间接消耗水资源的情况。Kumiko^[6]在日本投入产出表和因素分解分析方法的基础上研究了日本的物质出口与水资源之间的关系。Li^[7]设计了 6 部门水资源投入产出表并用其分析了北京市产业结构和水资源利用问题。Okadera 等^[8]利用投入产出方法评估了重庆市水资源需求和污水排放结构。本文提出了产业用水关联的概念及其测度方法,并按此方法测算了 2002 年我国产业关联用水量和完全用水量。本文还结合产业关联度这一产业重要性测度指标,给出了产业结构优化措施。

1 产业用水关联及其测度

1.1 产业用水关联的内涵

产业用水关联的本质是产业关联规律在水资源利用方面的具体反映。产业关联规律是为了达到经济系统的最佳经济效益,而使各产业部门在一定时空内按照时序关系和数量比例建立起来的内在、有序联系的客观规律^[9]。水资源在国民经济系统中的流动有 2 种形式,即隐藏流动和显性流动。隐藏流动是指水资源蕴含在社会各产业部门的产品或价值形式的初始投入中,以物质产品或价值为载体在各生产部门间的流动过程;显性流动是指各生产部门从水资源部门取水,水以自然状态进入流通,同时各生产部门向外排放污水,污水处理部门进行污水处理,重新向水资源部门补给净水的过程^[10]。可见,产业结构规模的扩张不仅带来该产业直接水资源投入即显性水资源投入的增长,同时通过产业关联规律带动相关联产业用水量的增加。产业用水关联就是指产业间以隐性水资源为连接纽带的技术经济联系,产业用水关联规律是为了达到经济系统的经济效益和水资源合理利用的有效协调,而使各产业部门在一定时空内按照时序关系和数量比例建立起来的内在、有序联系的客观规律。

1.2 产业用水关联的测度

1.2.1 基本假设

a. 比例性假设。假设在一定的值域内,某种产品的产出量与其直接水资源投入量之间是成线性比例的。

收稿日期 2007-09-19

基金项目 国家自然科学基金(70471083)

作者简介 宋敏(1975—),女,四川眉山人,讲师,博士,主要从事金融工程与投资管理研究。

b. 技术相对稳定性假设. 为了反映各产业间用水关联效应, 假设各产业的生产技术及用水效率水平在一定时期内是相对稳定的.

1.2.2 产业用水关联测度

a. 后向关联用水量. 后向关联用水量表示新增投资(产业结构规模的扩大)会刺激和鼓励那些为它提供原料或半成品的产业发展, 从而加大该产业对水资源的消耗. 根据所采用的水资源直接和完全消耗系数的不同, 产业后向关联用水量分为直接后向关联用水量和完全后向关联用水量, 分别用 L_{DB_j} 和 L_{EB_j} 表示. 其计算公式如下:

$$L_{DB_j} = \sum_{i=1}^n a_{ij}w_i \quad L_{EB_j} = \sum_{i=1}^n b_{ij}w_i \quad (j = 1 \ 2 \ \dots \ n)$$

式中: L_{DB_j} , L_{EB_j} ——产业 j 单位产值的变动所引起的直接后向关联用水量和完全后向关联用水量; a_{ij} , b_{ij} ——水资源投入产出表中产业 j 对产业 i 的直接消耗系数和完全消耗系数; w_i ——产业 i 的单位产值用水量.

b. 前向关联用水量. 前向关联用水量表示生产初级产品的产业结构规模的扩大引致对下游产业的投资, 从而加大这些下游产业对水资源的消耗. 同样, 产业前向关联用水量分为直接前向关联用水量和完全前向关联用水量, 分别用 L_{DF_i} 和 L_{EF_i} 表示. 其计算公式如下:

$$L_{DF_i} = \sum_{j=1}^n a_{ij}w_i \quad L_{EF_i} = \sum_{j=1}^n b_{ij}w_i \quad (i = 1 \ 2 \ \dots \ n)$$

式中 L_{DF_i} , L_{EF_i} 分别表示产业 i 单位产值的变动所引起的直接前向关联用水量和完全前向关联用水量.

c. 用水影响力系数. 用水影响力系数反映的是某一产业增加一个单位的最终产品时, 该产业对其他所有产业的用水需求所产生的波及影响程度. 用水影响力系数越大, 表示该产业对用水总量的带动作用越强. 产业用水直接影响力系数(T_{D_j})和用水完全影响力系数(T_{E_j})的计算公式如下:

$$T_{D_j} = \frac{n \sum_{i=1}^n a_{ij}w_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}w_i} \quad T_{E_j} = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}w_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}w_i} \quad (i \ j = 1 \ 2 \ \dots \ n)$$

用水影响力系数反映了某一产业对国民经济系统用水总量的推动力大小. 当某一产业部门的用水影响力系数大于 1 时, 表明该部门的生产对其他部门用水量增加的波及影响程度超过社会平均水平; 当用水影响力系数等于 1 时, 表明这种波及影响程度等于社会平均水平; 当用水影响力系数小于 1 时, 表明波及影响程度低于社会平均水平.

以上分别基于产业直接消耗系数和完全消耗系数构建了产业前向关联用水量、后向关联用水量和用水影响力系数的计算模型. 比较这 2 种测度方法可知, 完全消耗系数从直接消耗和所有间接消耗的角度更为完整地刻画了产业部门间的依赖程度或牵引作用. 因此, 基于直接消耗系数的测度方法较为直观, 而基于完全消耗系数的测度方法则更为深刻.

2 基于产业用水关联的我国产业结构优化

水资源使用涉及 2 个问题, 一是量的问题, 二是结构的问题, 这 2 个问题均与产业结构紧密地联系在一起. 产业结构升级不仅会提高水资源的利用效率, 更能带动水资源投入结构的改善. 因此, 在水资源不足的情况下, 不仅要提高水资源利用效率, 更重要的是要着眼于整个产业系统, 研究产业系统内部的用水关联规律, 并依此规律进行水资源禀赋条件下的产业布局及结构调整. 这是水资源可持续利用的必然要求.

2.1 产业关联及产业用水关联计算

借助《中国 2002 年投入产出表》(42 部门)并结合《2002 年中国水资源公报》、2002 年《中国统计年鉴》等资料, 按上述计算方法计算了我国各产业的产业关联和用水关联各项测度指标. 为达成投入产出表和年鉴产业部门划分的一致性, 本文将投入产出表中的 42 个产业部门归并处理成与年鉴一一对应的 17 个产业部门. 如前所述, 完全消耗系数着眼于整个经济体系, 所揭示的消耗关系不仅包括两部门间的直接消耗, 还包括以其他部门为纽带所产生的各种间接消耗, 从更深层次刻画了产业间的联系, 因而本文采用基于完全消耗系数

的产业关联和产业用水关联计算方法, 计算结果见表1和表2.

表1 中国2002年各产业关联、直接用水量及用水关联测度计算结果

产业	产业关联测度		产业直接用水量			产业用水关联测度		
	后向关联效应	前向关联效应	直接用水总量/ 亿 m ³	单位产值直接用水量/ (m ³ ·万元 ⁻¹)	单位产值直接用水量排序	后向关联用水量/ (m ³ ·万元 ⁻¹)	用水影响力	
							系数	排序
①	0.4073	1.3706	3737.96	1307.95	1	325.68	2.2694	3
②	0.5790	2.1533	39.60	38.39	8	20.30	0.1415	14
③	1.1173	0.3589	30.34	20.95	15	679.51	4.7351	1
④	1.6780	0.6233	32.60	20.85	16	360.00	2.5086	2
⑤	1.1428	0.8201	137.08	28.16	12	208.29	1.4515	5
⑥	0.4785	0.5319	105.13	124.00	2	15.92	0.1109	15
⑦	1.5696	0.3033	28.95	44.89	6	69.54	0.4846	9
⑧	1.5134	2.6874	98.02	45.44	5	72.38	0.5044	8
⑨	1.3547	0.2510	25.44	43.82	7	62.50	0.4355	10
⑩	1.8405	2.2058	77.07	36.07	9	77.67	0.5413	7
⑪	1.6948	3.5664	24.71	28.04	13	60.82	0.4238	11
⑫	1.7151	0.0535	78.16	27.78	14	235.09	1.6382	4
⑬	0.7270	0.9531	52.31	35.81	10	25.92	0.1806	12
⑭	0.5124	1.4550	135.43	55.75	4	177.17	1.2346	6
⑮	0.4677	0.3151	24.52	20.75	17	14.43	0.1006	16
⑯	0.3743	0.0986	22.04	30.13	11	11.52	0.0803	17
⑰	0.6080	0.0331	229.93	64.71	3	22.85	0.1592	13

注 (a)数据来源于《中国2002年投入产出表》、2002年《中国统计年鉴》、《2002年中国水资源公报》;(b)①代表农业;②代表采掘业;③代表食品制造业;④代表纺织、缝纫及皮革产品制造业;⑤代表其他制造业;⑥代表电力、热力及水的生产和供应业;⑦代表炼焦、煤气及石油加工业;⑧代表化学工业;⑨代表建筑材料及其他非金属矿物制品业;⑩代表金属产品制造业;⑪代表机械设备制造业;⑫代表建筑业;⑬代表运输邮电业;⑭代表批发零售贸易、住宿和餐饮业;⑮代表房地产业、租赁和商务服务业;⑯代表金融保险业;⑰代表其他服务业.

表2 中国2002年产业波及效果及各产业完全用水量计算结果

Table 2 Calculation results of industry related effect and total water consumption of China in 2002													
产业	影响力		感应度		完全用水		产业	影响力		感应度		完全用水	
	系数	排序	系数	排序	万元产值用水量/m ³	排序		系数	排序	系数	排序	万元产值用水量/m ³	排序
①	0.389 4	16	1.3104	6	1 633.60	1	⑩	1.759 7	1	2.109 0	3	113.74	10
②	0.553 6	12	2.058 8	4	58.69	15	⑪	1.620 4	3	3.409 9	1	88.86	12
③	1.068 3	9	0.343 1	11	700.46	2	⑫	1.6398	2	0.051 2	16	262.87	4
④	1.604 4	4	0.595 9	9	380.85	3	⑬	0.6951	10	0.911 3	7	61.73	14
⑤	1.092 6	8	0.784 1	8	236.45	5	⑭	0.489 9	13	1.391 1	5	232.92	6
⑥	0.457 5	14	0.508 6	10	139.92	7	⑮	0.4472	15	0.301 3	12	35.18	17
⑦	1.500 7	5	0.290 0	13	114.43	9	⑯	0.3579	17	0.094 3	15	41.65	16
⑧	1.447 0	6	2.569 4	2	117.82	8	⑰	0.5813	11	0.031 6	17	87.56	13
⑨	1.295 2	7	0.240 0	14	106.32	11							

注 数据来源及符号①、②、…、⑰代表的产业同表1,其中产业完全用水=产业单位产值直接用水量+产业后向关联用水量.

2.2 计算结果分析

2.2.1 产业用水类型

从表1可以看出,产业用水的类型主要有4种:(a)高直接用水、高关联用水产业,如农业、住宿和餐饮业.这类产业扩大生产时,不仅带来本产业直接用水量的大幅增加,还会引致其他产业使用大量水资源.因此,这类产业对水资源的依赖性较大,对水环境的压力也较为严重,属水资源密集型产业,应限制此类产业规模.(b)高直接用水、低关联用水产业,如电力、热力及水的生产和供应业.这类产业结构规模的变化主要带动本产业直接用水量的显著变化,对关联用水的引致作用不明显.解决此类产业水资源问题的关键在于提高水资源利用效率.(c)低直接用水、高关联用水产业,如食品制造业、纺织、缝纫及皮革产品制造业和建筑业等.这类产业的用水主要体现为间接用水,因而对水资源的需求具有很强的隐蔽性,是传统的水资源利用分析方法常常遗漏的高用水产业.对这类产业的用水需予以高度重视.(d)低直接用水、低关联用水产业,如房地产业、租赁、商务服务业和金融保险业等.这类产业对水资源的直接需求和间接需求均较小,是严格意义上的低用水产业.干旱缺水地区应优先发展低直接用水、低关联用水产业.

2.2.2 产业关联效应及产业完全用水量比较分析

产业关联分析是产业结构调整和优化研究的前提,它用定量的方法研究上下游产业之间供给推动和需求拉动的相互应用,以影响力系数和感应度系数作为产业波及效果的 2 个重要指标,常用来确定某一产业对国民经济发展的贡献度大小.水作为一种稀缺资源,应结合产业关联效应和产业完全用水量确定用水结构,优化产业结构,合理分配水资源.

从表 2 可以看出:(a)完全用水量排序明显先于影响力系数和感应度系数的产业部门有:①农业、③食品制造业、④纺织、缝纫及皮革产品制造业、⑤其他制造业和⑥电力、热力及水的生产和供应业.这些产业对国民经济的推动和引领作用不很显著,但完全用水量却相当可观,说明大力发展这些产业不符合水资源最优分配原则.(b)完全用水量排序明显后于影响力系数和感应度系数的产业部门有:②采掘业、⑧化学工业、⑩金属产品制造业、⑪机械设备制造业、⑫运输邮电业、⑬房地产业、租赁和商务服务业.这些产业部门的发展一方面带动了上游产业部门的发展,另一方面也制约着下游产业部门的高速增长.这些产业部门是国民经济发展较为敏感的产业部门,在国民经济系统中处于特殊地位,特别是化学工业、金属产品制造业和机械设备制造业,其影响力系数和感应度系数均大于 1,说明这些产业部门对国民经济其他部门的影响程度和感应程度都高于社会平均水平,而这些产业部门完全用水量较低.大力发展这些产业不仅是国民经济发展内在关联规律的客观要求,也体现了社会水资源高效利用的要求.

2.3 产业结构优化的具体内容

2.3.1 产业结构优化应体现产业用水关联系统总体节水效应

考虑水资源禀赋条件下的产业结构优化不能只着眼于本产业所消耗的实体水资源,更应考察产业结构的变化所应引起的整个产业经济系统对水资源的需求变化.产业结构优化的目标之一就是实现产业用水关联系统总体节水效应,实现单位水资源生产力最大化,提高水资源利用效率,缓解水资源短缺的局面,促进一、二、三产业健康协调发展,逐步形成农业为基础、高新技术产业为先导、基础产业和制造业为支撑、服务业全面发展的产业格局,实现可持续发展.

2.3.2 调整农业内部产业结构,提高农业用水效率

农业是直接用水量和关联用水量均较大的产业,当前我国农业内部以低附加值的种植业为主,种植业耗水量大,用水效率低在很大程度上阻碍了整个农业部门水资源利用效益的充分发挥.因此,应在保证粮食生产安全的前提下调整农业产业结构,大力发展节水型特色农业,利用现代科技及生物技术改造提升传统农业,实现农业产品由资源型、低值型向高科技含量、高附加价值转变,发展现代农业,坚持走农业生态化、标准化、产业化之路.同时,改进农业灌溉方案和技术,提高农业用水效率.

2.3.3 重点发展经济带动性强、水资源依赖度低的工业部门

从产业关联分析和完全用水量计算来看,化学工业、金属产品制造业和机械设备制造业是国民经济发展带动效应较强、水资源依赖性低的工业部门.其中,化学工业代表了先进的科学技术,在产业链中属中间需求率和中间投入率均较大的中间产品型产业,在支撑经济长期发展中具有举足轻重的地位,金属产品制造业和机械设备制造业将为我国工业化进程中的技术设备更新改造提供巨大支持,这 2 项制造业发展的好坏将直接决定我国工业生产中技术设备水平的高低,进而影响生产率的高低,在有效控制污染的前提下,化学工业、金属产品制造业和机械设备制造业将是水资源匮乏地区优先考虑发展的产业.

2.3.4 充分发挥金融和其他服务业作用,推动第三产业内部结构升级

近年来,我国第三产业比重逐年增大,体现了产业经济发展的一般规律.然而,第三产业内部传统产业所占比重较大,金融及其他服务业发展相对不足,难以充分发挥对第一、二产业及其他第三产业的强有力的带动作用.从产业完全用水角度来看,传统的批发零售贸易、住宿和餐饮业不仅消耗大量水资源,而且附加价值较低.随着工业化进程的加快,不仅应鼓励和加快第三产业发展,更应积极推动第三产业内部结构升级,充分重视生产性服务业和新兴科技教育服务业发展,实现服务业与一、二产业部门的协调发展.这也是我国产业结构高级化的一个重要的具体内容.

3 结 语

本文的产业用水关联分析着眼于整个经济系统,考虑到产业结构规模的扩大不仅带来本部门直接用水

量的增加,还包括为生产本部门产品所需要的中间投入而在各中间投入生产部门发生的用水.本关联分析具有明显的需求拉动含义,可体现产业结构变化引起的整个经济系统对水资源需求的改变,为建立节水型产业结构提供指导.同时,为促进经济与水资源的协调发展,实现人水和谐,本文在综合考虑产业关联规律与产业完全用水量的前提下,提出了产业结构优化措施.然而,产业结构优化受很多因素的影响和制约,且是一个动态的过程,随经济发展所处的不同阶段而不同.在水资源日益短缺的状况下,本文所提出的用水关联思想和产业结构优化措施可为考虑水资源禀赋条件下产业结构调整提供借鉴.

参考文献:

- [1] 夏锦文,张鑫.不平衡增长理论的资源配置效率实证分析[J].西安建筑科技大学学报:社会科学版,2004,23(4):38-41.
- [2] CARTER H, IRERI D. Linkage of California-Arizona input-output models to analyze water transfer pattern[M]//CARTER A P, BRODY A. Applications of Input-Output Analysis. Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1972: 139-168.
- [3] THOSS R, WIK K. A linear decision model for the management of water quality in the Ruhr[M]//ROTHENBERG J, HEGGIE I G. The Management of Water Quality and the Environment. London: Mac-Millan, 1974: 104-141.
- [4] HENDRICKS D W. Modeling of water supply/demand in the south platte river basin: 1970-2020[J]. Water Resource Bulletin, 1982, 18(2): 279-287.
- [5] DUARTE R, SANCHEZ J, BIELSA J. Water use in the Spanish economy: an input-output approach[J]. Ecological Economics, 2002, 43(1): 71-86.
- [6] KUMIKO K. Economic analysis of water resources in Japan: utilization factor decomposition analysis based on input-output tables[J]. Environmental Economics and Policy Studies, 2005, 17(1): 109-129.
- [7] LI W. Water resources management in Beijing utilization economic input-output modeling[J]. Can J Civ Eng, 2005, 32: 753-764.
- [8] OKADERA T, WATANABE M, XU Kai-qin. Analysis of water demand and water pollutant discharge utilization a regional input-output table: an application to the City of Chongqing, upstream of the Three Gorges Dam in China[J]. Ecological Economics, 2006, 58(2): 221-237.
- [9] 许长新.产业关联规律与投资倾斜政策[J].财贸研究,1990(4):6-9.
- [10] 许长新,田贵良.社会水资源利用的投入产出研究[J].财经研究,2006(12):19-26.

Industry water-utilization linkage and industry structure optimization

SONG Min, TIAN Gui-liang

(Business School, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In consideration of water resources shortages and the fact that the direct water consumption of an industry can't completely reflect the dependence of the industry on water resources, the idea of a water-utilization linkage and its measurement method are put forward. Moreover, based on an empirical study, comprehensive consideration of the industry linkage (the influence coefficient and sensitivity coefficient) and total water consumption, some optimization measures of the domestic industry structure are as follows: realizing the water-saving effects of an industry-wide water-utilization linkage system, adjusting the internal industrial structure of agriculture, developing the industrial sectors that have a great economic impact and low dependence on water resources, and promoting the upgrade of the internal structure of the tertiary industries.

Key words: water-utilization linkage; industry linkage; total water consumption; industry structure optimization