

浙江省经济部门用水关联分析

郭相春¹, 刘红岩², 韩宇平^{2,3}

(1. 北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100124; 2. 华北水利水电大学, 郑州 450045;
3. 水资源高效利用与保障工程河南省协同创新中心, 郑州 450011)

摘要: 利用基于纵向集成算法和假设抽取法的产业关联分析方法对 2010 年浙江省各部门的用水关联性进行分析, 并据此获得经济部门间虚拟水转化运移情况。研究结果表明, 浙江省经济系统中各部门水资源直接消耗量与纵向集成消耗量差异很大, 但是所有部门总的直接消耗量与总的纵向集成消耗量相等, 均为 220.08 亿 m³, 即经济系统的不同部门之间发生了虚拟水转化运移。在经济系统内部, 农业为虚拟水净输出部门, 其净输出量为 78.46 亿 m³, 而工业、建筑业和服务业则是虚拟水净输入部门, 净输入量为 32.98 亿 m³、43.22 亿 m³ 和 2.26 亿 m³。研究成果将对区域产业结构调整和水资源管理政策制定提供参考。

关键词: 纵向集成消耗; 假设抽取法; 产业关联; 直接消耗; 经济部门; 虚拟水转化运移; 浙江省

中图分类号: TV213 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)04-0626-04

Analysis water use linkage among economic sectors in Zhejiang Province

GUO Xiang chun¹, LIU Hong yan², HAN Yu ping^{2,3}

(1. Beijing University of technology, school of management, Beijing 100124, China; 2. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou, 450045, China; 3. Efficient use and protection of water resources engineering Collaborative Innovation Center of Henan province, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: Water use linkages among industrial sectors of Zhejiang Province in 2010 were analyzed using the industrial linkage analysis method based on the vertically integrated consumption and hypothetical extraction method, and the transformation of virtual water among industrial sectors in the economic systems of Zhejiang were obtained. Results showed that enormous difference occurs between the direct consumption and vertically integrated consumption of water in each sector, but the total direct consumption and total vertically integrated consumption of water is the same, which is $220.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ and indicates that the existence of transformation of virtual among different sectors of economic system. In the economic system, agricultural sector had net outputs of virtual water with a volume of $78.46 \times 10^8 \text{ m}^3$, whereas the industrial, construction, and service sectors had net inputs of virtual water with volumes of $32.98 \times 10^8 \text{ m}^3$, $43.22 \times 10^8 \text{ m}^3$ and $2.26 \times 10^8 \text{ m}^3$, respectively. The findings provide reference for the regionally industrial structure adjustment and water management policy.

Key words: vertically integrated consumption; hypothetical extraction method; industry linkage; direct consumption; economic sectors; virtual water transport and transformation; Zhejiang Province

1 研究背景

缺水是中国长期面临的问题,为解决水资源短缺问题,先要对国民经济体系中各产业的用水情况及用水关联进行评估。美国加利福尼亚大学的Carter等^[1]首先在20世纪70年代提出利用投入产出表来研究和分析水的利用和交换问

题。20世纪80年代以后,国内的陈锡康等^[2]提出把水资源的使用和生产(提取及回用)以及废水的排放和处理作为两类生产部门列入投入产出模型,谢梅等^[3]编制和发表了中国北京市水资源投入产出表,王维平等^[4]计算了中国烟台市16个部门的直接耗水系数和间接耗水系数,于冷等^[5]对吉林省水资源利用效率进行分析。近年来,投入产出方法逐渐被应

收稿日期: 2014-06-30 修回日期: 2014-12-04 网络出版时间: 2015-07-23

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150723.1125.009.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(51279063); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-13-0794); 河南省科技创新人才项目(144100510014); 河南省高校科技创新团队支持计划(15IRTSTHN030)

作者简介: 郭相春(1974),男,河南泌阳人,高级经济师,主要从事水资源管理方面的研究。E-mail: gxianchun@163.com

通讯作者: 韩宇平(1975),男,宁夏彭阳人,教授,博士,主要从事水资源、水生态等方面的研究。E-mail: hanyup@ncwu.edu.cn

用到部门用水关联分析领域^[6-8]。

利用投入产出分析法计算各部门用水特性时,采用的指标为直接用水系数和完全用水系数^[9]。但是,直接用水系数只依赖于部门的中间投入,没有与部门的最终需求联系起来^[10];而完全用水系数仅仅与部门的最终需求有关,也有一定的局限性^[11];虚拟水贸易量计算也只能单纯地反映各部门虚拟水的输入输出量,并不能完全了解各部门相互间的虚拟水转化运移情况。因此,仅仅使用直接用水系数与完全用水系数不能正确的反应行业部门用水关联特征以及部门间虚拟水的量化关系。

以纵向集成算法 (Vertically Integrated Measures) 和假设抽取法 (Hypothetical Extraction Method) 为基础,西班牙学者 Sanchez Cheliz 和 Rose Duarte^[12] 提出了产业用水关联分析方法。该方法以纵向集成消耗形式,将行业部门用水关联分解为 4 个组成因素,分别为:内部效应、复合效应、净前项效应和净后项效应,通过用水量而不是用水系数清晰地测算了部门间的用水关联特性。

本文利用 2010 年浙江省水资源投入产出表,采用产业关联分析方法分析浙江省各部门的直接或间接用水量及关联特性,同时对部门用水的净前项关联和净后项关联进行深入分析,以揭示浙江省经济系统中虚拟水转化运移的方向和数量。本研究对浙江省产业结构调整和水政策制定有重要的理论和现实意义。

2 资料与方法

2.1 数据来源与整理

本文以浙江省 2010 年 42 个部门投入产出延长表为基础,结合 2010 年浙江省水资源公报^[13],构建浙江省 2010 年水资源投入产出表。根据研究需求,对各行各业部门进行分类与合并,将 42 部门投入产出表合并为 4 大产业部门群:农业、工业、建筑业和服务业。

2.2 研究方法

(1) 用水关联分析。

在 Pasinetti 构造的纵向集成消耗 (Vertical Integrated Consumption, VIC) 指标,及 Strassert 和 Schult^[14] 提出的假设抽取法的基础上,Cella^[15] 建立了产业部门的总体关联、前项关联与后项关联之间的联系,从而可以得到产业群总的、前项和后项关联。用该方法对产业水资源利用的关联特征进行分析。可以得到各产业部门的内部效应、复合效应、净前项关联和净后项关联。

纵向集成消耗为

$$VIC_j = \sum_{i=1}^n q_i b_{ij} y_j \quad (1)$$

内部效应为

$$IE_s = q_s (I - A_{s,s})^{-1} y_s \quad (2)$$

复合效应为

$$ME_s = q_s [\Delta_{s,s} - (I - A_{s,s})^{-1}] y_s \quad (3)$$

净后项关联效应为

$$NBE_s = q_s \Delta_{s,s} y_s \quad (4)$$

净前项关联效应为

$$NFE_s = q_s \Delta_{s,-s} y_{-s} \quad (5)$$

式中: VIC_j 为 j 部门纵向集成消耗; q_i 为 i 部门的直接用水系数; b_{ij} 为 Leontief 逆矩阵中的元素; y_j 为最终需求; q_s 、 q_{-s} 分别为产业群 B_s 、剩余产业群 B_{-s} 中各部门的直接用水系数; y_s 、 y_{-s} 分别为产业群 B_s 、剩余产业群 B_{-s} 中各部门的最终需求; $A_{s,s}$ 为直接消耗矩阵的对角矩阵; $\Delta_{s,s}$ 、 $\Delta_{s,s}$ 和 $\Delta_{s,-s}$ 分别为产业群 B_s 、剩余产业群 B_{-s} 在逆矩阵 $(FA)^{-1}$ 中的分量; IE_s 、 ME_s 、 NBE_s 和 NFE_s 分别为产业群 B_s 的内部效应、复合效应、净后项关联效应和净前项关联效应。

(2) 部门间虚拟水转移测算。

和夏冰^[8] 提出,如果剩余产业群 B_{-s} 是由不止一个部门构成的,就能把产业群 B_s 的净后项关联继续划分。经划分,最终可得到部门间虚拟水转化运移情况:

$$NT_{s-d} = NFL_{s-d} - NBL_{d-s} = q_s \Delta_{s,d} y_d - q_d \Delta_{d,s} y_s \quad d \in (-S) \quad (6)$$

式中: d 是剩余产业群 B_{-s} 中的部门; q_d 为 d 部门的直接用水系数; y_d 为 d 部门的最终需求; $\Delta_{s,d}$ 和 $\Delta_{d,s}$ 分别为逆矩阵 $(I-A)^{-1}$ 中第 s 行 d 列的元素 d 和 s 行列的元素; NT_{s-d} 是产业群 B_s 净转移到 d 部门的虚拟水量; NFL_{s-d} 为产业群 B_s 转移到 d 部门的虚拟水量; NBL_{d-s} 是产业群 B_s 从 d 部门转移的虚拟水量。

3 结果与分析

3.1 直接耗水量与纵向集成消耗

在经济系统中与最终需求有关的纵向集成消耗与直接耗水量,二者的总量是相等的,均为 220.08 亿 m^3 ,即水的利用只是在部门间通过交易流动。若一个部门水的直接耗水量大于其纵向集成消耗,表明该部门用水实际上向经济系统的其他部门转移;反之,则其他部门向该部门转移了水。

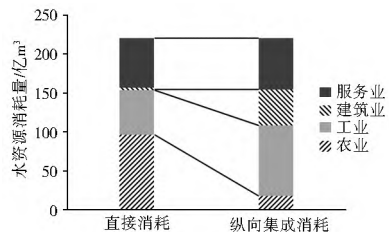


图1 各部门水资源的直接消耗与纵向集成消耗对比

Fig. 1 Comparison of direct water consumption and vertically integrated consumption

如图1所示,农业是水资源直接消耗量最大的部门,消耗量为 96.4 亿 m^3 ,占整个经济系统水资源消耗总量的 43.8%;建筑业所占比重最小,仅为 1.25%;工业和服务业的水资源消耗量分别为 56.95 亿 m^3 和 63.97 亿 m^3 。

水资源纵向集成消耗最多的是工业,为 89.93 亿 m^3 ,占纵向集成消耗总量的 40.86%;服务业和建筑业的纵向集成消耗量分别为 66.23 亿 m^3 和 45.98 亿 m^3 ,占总量的 30.1% 和 20.89%;农业的纵向集成消耗最小,为 17.94 亿 m^3 ,仅占 8.15%。

3.2 用水关联分析

(1) 农业水资源消耗关联度。

农业的水资源纵向集成消耗量仅占直接消耗量的 18.61%,即经济系统中的其他部门从农业部门获得了水资源。

由图2可知,农业部门的内部效应为 16.96 亿 m^3 ,占其纵向集成消耗的 94.55%,即为了满足最终需求,农业部门有

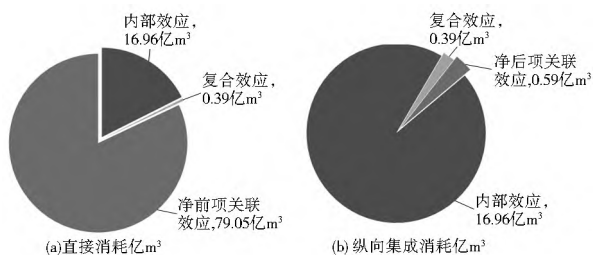


图 2 农业水资源消耗量的构成

Fig. 2 Water consumption composition in agricultural sector

94.55% 的水资源来自于其内部的产品交换。农业的净后项关联很小, 仅为 0.59 亿 m³, 即农业从其他部门净输入的水资源量仅占其纵向集成消耗的 3.3%。由此可以看出, 农业对自身的依赖程度较高, 对其他部门的依赖程度较低。

农业的净前项关联为 79.05 亿 m³, 占其直接消耗的 82%, 而内部效应仅占 17.6%。农业水资源直接消耗量占各部门用水总量的 43.8%, 明显高于其他部门, 但是水资源直接消耗的 94.55% 却转移到其他部门, 即被其他部门在中间使用过程中直接和间接消耗掉。这不仅对农业自身水资源直接消耗水平有一定的影响, 对整个经济系统用水的影响也很重要, 能否满足其他部门水资源需求, 很大程度上依赖于农业的虚拟水输出。

(2) 工业水资源消耗关联度。

工业的水资源纵向集成消耗是直接消耗的 1.6 倍(图 3), 即工业直接消耗的水资源不能满足自身的最终需求, 必须以中间投入的形式, 通过购买其他部门的产品, 输入更多的水资源以满足自身产品生产的需求。

工业的内部效应为 31.06 亿 m³, 占纵向集成消耗的 34.54%, 而净后项关联占纵向集成消耗的 61.62%, 与农业相比有明显提高, 这说明工业直接消耗的水资源有一部分用于自身生产, 但是远远不够, 需要从整个经济系统中输入大量的水资源。工业水资源的净输入中, 绝大部分来自于农业, 输入量为 39.66 亿 m³。

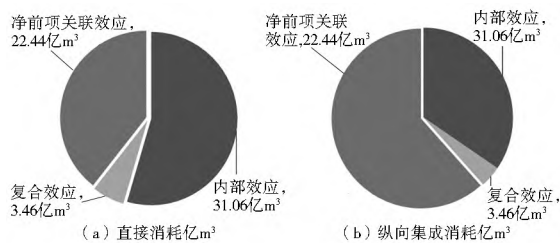


图 3 工业水资源消耗量的构成

Fig. 3 Water consumption composition in industrial sector

(3) 建筑业水资源消耗关联度。

建筑业水资源的纵向集成消耗远大于直接消耗, 是直接消耗的 16.66 倍, 其净后项关联为 43.36 亿 m³(图 4), 占纵向集成消耗的 94.3%, 表明建筑业几乎完全依赖于经济系统中其他部门为该部门输入水资源。

(4) 服务业水资源消耗关联度。

服务业的水资源纵向集成消耗与直接消耗相差无几, 即服务业直接消耗的水资源几乎能够满足自身的最终需求, 但是也需要通过中间投入的形式, 购买其他部门的产品, 输入少量的水资源以满足自身产品生产的需求。

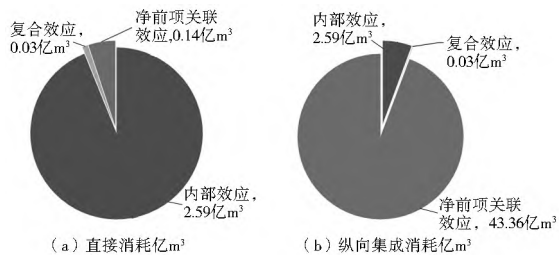


图 4 建筑业水资源消耗量的构成

Fig. 4 Water consumption composition in construction sector

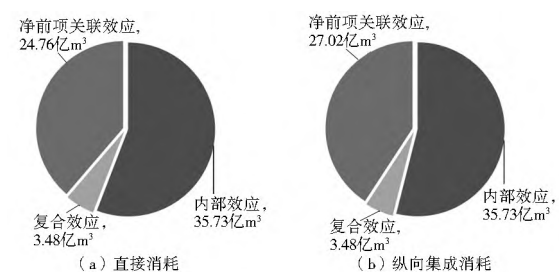


图 5 服务业水资源消耗量的构成

Fig. 5 Water consumption composition in service sector

服务业水资源消耗的净后项关联为 27.02 亿 m³(图 5), 占其纵向集成消耗的 40.8%, 内部效应为 35.73 亿 m³, 占其直接消耗的 55.85%。这表明服务业直接消耗的水资源大部分用于自身生产, 但是这部分水资源并不能完全满足自身的最终需求, 还要从整个经济系统中输入一定量的水资源。

3.3 虚拟水净转移

由公式(6)可计算出浙江省各经济部门的虚拟水净输出量及部门间虚拟水转化运移的大小及方向(图 6、图 7)。农业是虚拟水净输出部门, 虽然有虚拟水从其他部门输入到农业, 但相对较少, 无法平衡农业输入到其他部门的水资源。农业部门共向其他三大部门净输出虚拟水 78.46 亿 m³, 其中输出到工业部门最多, 为 39.66 亿 m³, 输出到建筑业和服务业的分别为 19.56 亿 m³ 和 19.23 亿 m³。

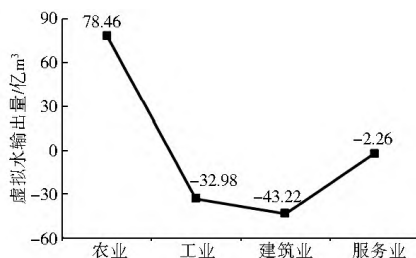


图 6 浙江省各部门虚拟水净输出量

Fig. 6 Net outputs of virtual water in different sectors of Zhejiang Province

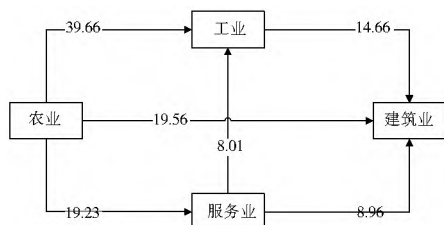


图 7 浙江省各部门虚拟水转化运移情况

Fig. 7 The transformation of virtual water among different sectors in Zhejiang Province

工业、建筑业和服务业是经济系统中虚拟水净输入部门,分别输入虚拟水 32.98 亿 m^3 、43.22 亿 m^3 和 2.26 亿 m^3 ,但三者有明显差异。从图 7 可以看出:工业部门虚拟水净输出的对象是建筑业,输出量为 14.69 亿 m^3 ,同时工业从农业和服务业输入的虚拟水量远高于其输出的虚拟水量;建筑业没有向其他任何部门输出虚拟水,反而其他部门都有一定的虚拟水输入建筑业;服务业虚拟水净输出的对象是工业和建筑业,输出量分别为 8.01 亿 m^3 和 8.96 亿 m^3 ,而从农业输入的虚拟水量略大于服务业本身输出的虚拟水量。

4 结论

(1) 经济系统中水资源直接消耗总和与纵向集成消耗之和相等,但是经济系统内部各部门的直接消耗与纵向集成消耗差异很大,这是由各部门的最终需求不同导致的。若一个部门水的直接消耗量大于其纵向集成消耗,表明该部门用水实际上向经济系统的其他部门转移,如农业;反之,则表明整个经济系统中的其他部门向该部门提供水,如工业、建筑业、服务业。

(2) 在经济系统内部,农业为虚拟水净输出部门,而工业、建筑业和服务业则是虚拟水净输入部门。水资源消耗的净前项关联之和与净后项关联之和相等,即各部门的虚拟水输出总量与其他部门的虚拟水输入量相等。

(3) 农业是虚拟水输出量最大的部门,而建筑业是虚拟水输入量最大的部门。

本文计算的部门用水关联分析是采用简化处理的比较简单的部门用水情况,并没有考虑农业、工业、建筑业、服务业各部门用水水质要求的不同,而此问题在现实使用中是客观存在的。因此,为了更准确地计算部门用水关联,还需要考虑更多的影响因素进行综合分析。

参考文献(References):

- [1] CARTER H O, IRERI D. Linkage of California Arizona input output models to analyze water transfer pattern[C]//Carter A P, Brody A. Applications of Input-output Analysis. North Holland Publishing Co. 1972: 139-168.
- [2] 陈锡康,陈敏洁.水资源投入产出模型及水价的计算问题[J].农业系统科学与综合研究,1987(2): 10-17. (CHEN Xikang, CHEN Minjie. Calculation of water price and input-output of water resources model[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 1987(2): 10-17. (in Chinese))
- [3] XIE Mei, NIE Guisheng, JIN Xianglan. Application of an input-output model to the Beijing Urban Water use System [C]//POLENSKEK R, CHEN Xikang. Chinese Economic Planning and Input-Output Analysis. Hong Kong: Oxford University Press, 1991: 239-257.
- [4] 王维平,戚红,李晖.宏观经济水资源投入产出分析模型[J].水

利经济,1995(2): 58-65. (WANG Weiping, QI Hong, LI Hui. Macroeconomy water resource input output analysis[J]. Journal of Economics of Water Resources, 1995(2): 58-65. (in Chinese))

- [5] 于冷,杨明海,戴有忠,等.吉林省水资源利用效果分析[J].农业工程报,1998(3): 107-111. (YU Leng, YANG Minghai, DAI Youzhong, et al. Effects of water resource utilization in Jilin Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1998(3): 107-111 (in Chinese).)
- [6] 马忠,徐中民.改进的假设抽取法在产业部门用水关联分析中的应用[J].水利学报,2008,39(2): 176-182. (MA Zhong, XU Zhongmin. Application of modified hypothetical extraction method to linkage analysis of water use among industrial sectors[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39(2): 176-182. (in Chinese))
- [7] 马忠,石培基,胡科.张掖市产业部门用水关联分析[J].地球科学进展,2010(6): 666-672. (MA Zhong, SHI Peiji, HU Ke. Linkage analysis of water use among industrial sectors in Zhaoye City[J]. Advances in Earth Science, 2010(6): 666-672. (in Chinese))
- [8] 和夏冰,王媛,张宏伟,等.我国行业水资源消耗的关联度分析[J].中国环境科学,2012,32(4): 762-768. (HE Xiabing, WANG Yuan, ZHANG Hongwei, et al. Linkage analysis of water use among industrial sectors in China[J]. China Environmental Science, 2012, 32(4): 762-768. (in Chinese))
- [9] 汪献斌,王浩,倪洪珍,等.国民经济行业用水特性分析与评价[J].水利学报,2005,36(2): 169-173. (WANG Dangxian, WANG Hao, NI Hongzhen, et al. Analysis and assessment of water use in different sectors of national economy[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(2): 167-173. (in Chinese))
- [10] Sanchez Ch liz R Duarte. Analyzing pollution by way of vertically integrated coefficients with an application to the water sector in Aragon[J]. Cambridge Journal of Economics, 2003, 27: 433-488.
- [11] 刘启云.正确认识和使用投入产出乘数[J].中国人民大学学报,2003(6): 89-95. (LIU Qiyun. Right cognition and use of input-output multiplier [J]. Journal of Renmin University of China, 2003, (6): 89-95. (in Chinese))
- [12] Duarte R, Sanchez Ch liz J, Bielsa J. Water use in the Spanish economy: an input-output approach[J]. Ecological Economics, 2002, 43: 77-85.
- [13] 2010年浙江省水资源公报[R].浙江省水务局,2011. (Water Resources Bulletin of Zhejiang province in 2010[R]. Zhejiang Water Authority, 2011. (in Chinese))
- [14] Schultz S. Approaches to identifying key sectors empirically by means of input-output analysis[J]. The Journal of Development Studies, 1977, (3): 77-96.
- [15] Cella G. The input-output measurement of interindustry linkages[J]. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 1984, 46: 73-84.