

江苏省虚拟水贸易结构调整研究

吴兆丹^{1,2,3}, 张珊珊¹, 马子建¹, 吴兆磊⁴

(1. 河海大学企业管理学院, 江苏 常州 213022; 2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心, 江苏 南京 211100; 3. 河海大学“一带一路”非洲研究中心, 江苏 常州 213022; 4. 华北水利水电大学电力学院, 河南 郑州 450000)

摘要: 基于江苏省2012年投入产出表及水资源公报的统计数据, 运用修正后的投入产出模型, 定量计算江苏省贸易用水强度、虚拟水净输出量, 并通过调整贸易结构, 最大化实现节水效应。研究表明: 2012年江苏省虚拟水贸易整体上呈现净流入, 有利于节约省内水资源; 从贸易额调整来看, 在设定的5%、10%、15% 3个调整幅度的基础上改变传统的贸易输出、输入结构, 化学产品、煤炭采选产品部门出现大规模节水效应, 随着调整幅度的增加, 净输出量大的部门节水效应越来越大。江苏省虚拟水贸易是当前实现资源节约与经济发展的重要方式。

关键词: 江苏省; 投入产出模型; 虚拟水贸易; 贸易结构调整

中图分类号: F712.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2017)03-0031-06

2015年江苏省水资源总量582.1亿 m^3 , 总用水量460.6亿 m^3 , 总耗水量254.9亿 m^3 ^[1], 随着经济社会的发展以及城市化进程的加快, 水资源短缺已成为制约江苏省经济发展的重要因素。从2012年起江苏省政府全面启动了全省水源地达标建设, 且近年来不断加快水生态文明城市建设的步伐, 其中9个城市被列入试点城市。面对水资源供需矛盾的不断加剧, 除了传统的进行跨流域调水、修建水库外, 虚拟水贸易的提出为解决地区水资源的供需矛盾提供了一个全新的思路。

虚拟水是在生产产品和服务过程中所需要的水资源数量, 即凝结在产品和服务中的虚拟水含量。Allan^[2]于20世纪90年代初最先提出虚拟水的概念, 认为农产品贸易中的虚拟水转移有效地解决了中东与北非地区水资源危机。程国栋^[3]将虚拟水概念引入中国, 并论证了优化农产品贸易结构的重要性。国内外学者对虚拟水贸易有诸多研究, 虚拟水的测算由上而下的方法主要为投入产出法。Lenzen^[4]在研究中采用了多区域的投入产出模型; Velazquez等^[5-7]均运用投入产出法对虚拟水进行过相关研究。目前, 针对浙江等富水省区进行虚拟水研究很多, 而江苏省仅限于虚拟水出口贸易方面。如朱志强^[8]通过分析江苏省当前虚拟水贸易格局,

运用LMDI指数分解法, 分解出影响虚拟水贸易量的驱动因素及其贡献率, 进而为水资源优化配置提供建议。

虚拟水研究方法很多, 研究范围从全国到一个区域, 研究的行业也逐渐趋向于更加细致的分类, 但仍缺乏对具体经济部门的分析, 且在计算常规完全用水系数时, 没有考虑省间流入和进口的中间投入品以及用于省内消费的产品, 会引起输入输出贸易用水量估计的更大误差。

本文根据江苏省2012年投入产出表中42个经济部门(表1)的有关数据, 运用修改后的投入产出模型定量计算江苏省贸易用水强度、虚拟水净输出量, 区分省内输出贸易与输入贸易, 并分析贸易结构调整对江苏省节水效应的影响, 通过调整贸易结构, 最大化节约水资源, 实现经济发展与资源节约并举, 为江苏省政府调整贸易结构提供参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

虚拟水的计算方法主要有两种: ①产品树算法, 又称产品生命周期法。该方法可以评价一个产品整个生命周期阶段所需的全部水资源量, 但计算复杂, 且难以获取所需的充足数据^[9]。②投入产出

基金项目: 国家自然科学基金(41401634)

作者简介: 吴兆丹(1988—), 女, 副教授, 博士, 主要从事水资源经济及管理研究。E-mail: xiaofansi@163.com

法。在价值型投入产出表的基础上,建立价值型-实物型水资源投入产出模型,从而科学系统地测算出贸易中虚拟水流量,更符合虚拟水贸易实际。

本文采用投入产出模型计算江苏省贸易中虚拟水流量,参考朱启荣^[10]对相关公式的修正。

1.1.1 直接用水强度

直接用水强度是指各部门生产单位价值产品的直接用水量,是计算贸易中虚拟水流量的基础,其表达式为

$$Q = \frac{W_i}{X_i} \quad (1)$$

式中: W_i 为生产过程中*i*部门的直接用水量; X_i 为*i*部门的总产出。

1.1.2 输出贸易虚拟水流量

各经济部门在实际生产过程中不仅直接消耗了以自然形式投入的水资源,而且间接消耗了中间投入产品所需的水资源即间接用水量^[11],经济部门的全部用水量为直接用水量与间接用水量之和。因此,为计算输出贸易虚拟水流量,需在直接用水强度的基础上,计算出各经济部门的输出完全用水强度,在此定义为输出贸易用水强度。将国家虚拟水贸易方法应用于省际,表达式如下:

$$\alpha = Q(I - kA)^{-1} \quad (2)$$

$$k_i = 1 - [F_1 / (X + F_1)] \quad (3)$$

式中: α 为*i*部门输出贸易用水强度; I 为单位矩阵; A 为江苏省投入产出表中直接消耗系数矩阵; k 为 k_i 组成的对角矩阵; k_i 为江苏省省内生产中间投入品所占比例; F_1 为*i*部门的进口额和国内流入省内额之和,即输入额。

$$T = \alpha F_0 \quad (4)$$

$$F_0 = E_x + F_{0d} \quad (5)$$

式中: T 为*i*部门输出贸易虚拟水流量; F_0 为输出额; E_x 和 F_{0d} 分别为*i*部门的出口额和国内流出省外额。

1.1.3 输入贸易虚拟水流量

用投入产出模型也可以对输入贸易的虚拟水流量进行测算,此处用输出贸易用水强度进行测算会有较大误差,与输出贸易原理相同,输入贸易中需计算用于省内消费与生产省内消费品的合计比例,进而对常规完全用水系数进行相应调整,计算出各产业部门的输入完全用水强度,在此将其定义为输入贸易用水强度。表达式如下:

$$\beta = Q(I - \lambda A)^{-1} \quad (6)$$

$$\lambda_i = 1 - [F_0 / (X + F_1)] \quad (7)$$

式中: β 为*i*部门输入贸易用水强度; λ 为 λ_i 组成的对角矩阵; λ_i 为用于省内消费与生产省内消费品的

合计比例。

$$T' = \beta F_1 \quad (8)$$

$$F_1 = I_M + F_{1d} \quad (9)$$

式中: T' 为*i*部门输入贸易的虚拟水流量; I_M 和 F_{1d} 分别为*i*部门的进口额和国内流入省内额。

1.1.4 江苏省虚拟水净输出量

各部门输出贸易的虚拟水流量中减去输入贸易的虚拟水流量即可得到江苏省虚拟水净输出量:

$$\Delta T = T - T' \quad (10)$$

1.2 数据来源

采用《2012年江苏省投入产出表》。投入产出表为5年编制一次,最新统计数据于2012年出版,参考其对产业部门的划分,对江苏省42个经济部门的总产出、输出与输入额及直接消耗系数矩阵等数据进行相关分析。由于缺乏各经济部门用水量数据,本文参考张玲玲等^[11]的方法进行计算,第一、第二、第三产业的总用水量及第二产业中电力工业和一般工业的用水量数据来源于《2012年江苏省水资源公报》^[12],但水资源公报中没有分部门的用水量,且目前很难搜集到分经济部门的用水量统计资料,一般工业的分部门用水量及建筑、交通、邮政、服务、机关等部门用水量只能采取间接方法求得^[11],即某一经济部门的用水量采用水的生产和供应业用于该部门的中间消耗占水的生产和供应业用于各部门中间消耗之和的百分比在具体产业部门用水量中进行分配。

2 实证研究

2.1 2012年输入输出贸易虚拟水流量

2.1.1 计算各部门省内中间投入品比例与输入产品用于省内消费和生产省内消费品比例

根据本文方法可以计算得到2012年江苏省各经济部门输出产品的省内中间投入品比例与输入产品用于省内消费和生产省内消费品比例,见表1。根据表1,废品废料,电力、热力的生产和供应,水的生产和供应,批发和零售,公共管理、社会保障和社会组织5个经济部门在输出产品的生产中完全使用了省内中间投入品,其余经济部门都一定程度地使用了省内中间投入品。其中,煤炭采选产品,石油和天然气开采产品,金属矿采选产品,非金属矿和其他矿采选产品,金属制品、机械和设备修理服务5个部门的省内中间投入品比例非常低,均在15%以下,表明输入的中间投入品使用量很大,且计算输出贸易的虚拟水输出量时,需要考虑输入的中间投入品的影响。同时表1也显示,除石油和天然气开采产品,金属制品、机械和设备修理服务,电力、热力的生产和供应,燃气生产和供应,水的生产和供应,房地

产,水利、环境和公共设施管理,居民服务、修理和其他服务,卫生和社会工作,公共管理、社会保障和社会组织 10 个经济部门外,其余经济部门的输入产品中都存在来料与进料加工品。其中,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品、仪器仪表两个部门的输入产品中,用于省内消费和生产省内消费品的比例较低,小于 40%,侧面反映了计算输入贸易的虚拟水输入量时,需要考虑来料与进料加工品的影响。

表 1 2012 年 42 个经济部门省内中间投入品比例与输入产品用于省内消费和生产省内消费品的比例

部门	省内中间投入品比例/%	输入产品用于省内消费和生产省内消费品比例/%
农林牧渔产品和服务	86.33	86.31
煤炭采选产品	11.40	99.97
石油和天然气开采产品	5.56	100.00
金属矿采选产品	7.00	99.89
非金属矿和其他矿采选产品	10.67	99.87
食品和烟草	83.36	78.44
纺织品	93.19	64.21
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	98.12	34.74
木材加工品和家具	82.69	60.90
造纸印刷和文教体育用品	74.16	86.15
石油、炼焦产品和核燃料加工品	73.00	94.07
化学产品	81.66	71.16
非金属矿物制品	61.75	81.49
金属冶炼和压延加工品	60.86	95.43
金属制品	96.93	85.28
通用设备	77.19	59.66
专用设备	78.95	45.80
交通运输设备	97.84	57.87
电气机械和器材	94.05	52.07
通信设备、计算机和其他电子设备	76.51	48.34
仪器仪表	82.31	32.05
其他制造产品	49.46	87.02
废品废料	100.00	86.44
金属制品、机械和设备修理服务	9.05	100.00
电力、热力的生产和供应	100.00	100.00
燃气生产和供应	66.86	100.00
水的生产和供应	100.00	100.00
建筑	76.58	57.54
批发和零售	100.00	85.66
交通运输、仓储和邮政	82.62	86.92
住宿和餐饮	99.87	85.73
信息传输、软件和信息技术服务	87.55	54.07
金融	98.24	91.83
房地产	98.68	100.00
租赁和商务服务	83.54	92.86
科学研究和技术服务	89.78	99.88
水利、环境和公共设施管理	98.58	100.00
居民服务、修理和其他服务	98.30	100.00
教育	97.67	99.42
卫生和社会工作	98.14	100.00
文化、体育和娱乐	98.34	99.37
公共管理、社会保障和社会组织	100.00	100.00

2.1.2 输入贸易用水强度分析

根据式(6)、式(7),可以得到 2012 年江苏省 42 个经济部门的输入贸易用水强度(见表 2)。输入贸易用水强度位居前 3 位的经济部门依次是水的生产和供应,电力、热力的生产和供应,煤炭采选产品,这些经济部门的输入贸易用水强度均大于 0.025 m³/元,属于耗水量高的输入行业。其余经济部门的输入贸易用水强度小于 0.0065 m³/元,属于耗水量低的输入行业,其中,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品,仪器仪表,水利、环境和公共设施管理的输入贸易用水强度非常低,均小于 0.0005 m³/元。

表 2 2012 年江苏省各部门输入贸易用水强度

部门	输入贸易用水强度/(m ³ ·元 ⁻¹)	部门	输入贸易用水强度/(m ³ ·元 ⁻¹)
农林牧渔产品和服务	0.0017	其他制造产品	0.0007
煤炭采选产品	0.0259	废品废料	0.0008
石油和天然气开采产品	0.0034	金属制品、机械和设备修理服务	0.0007
金属矿采选产品	0.0040	电力、热力的生产和供应	0.0511
非金属矿和其他矿采选产品	0.0017	燃气生产和供应	0.0006
食品和烟草	0.0017	水的生产和供应	0.0692
纺织品	0.0019	建筑	0.0006
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	0.0004	批发和零售	0.0041
木材加工品和家具	0.0005	交通运输、仓储和邮政	0.0065
造纸印刷和文教体育用品	0.0034	住宿和餐饮	0.0028
石油、炼焦产品和核燃料加工品	0.0024	信息传输、软件和信息技术服务	0.0006
化学产品	0.0101	金融	0.0156
非金属矿物制品	0.0014	房地产	0.0010
金属冶炼和压延加工品	0.0070	租赁和商务服务	0.0062
金属制品	0.0025	科学研究和技术服务	0.0005
通用设备	0.0018	水利、环境和公共设施管理	0.0004
专用设备	0.0007	居民服务、修理和其他服务	0.0018
交通运输设备	0.0005	教育	0.0007
电气机械和器材	0.0018	卫生和社会工作	0.0009
通信设备、计算机和其他电子设备	0.0009	文化、体育和娱乐	0.0012
仪器仪表	0.0003	公共管理、社会保障和社会组织	0.0005

2.1.3 输出贸易用水强度分析

根据式(2)、式(3),可以得到 2012 年江苏省 42 个经济部门的输出贸易用水强度(见表 3)。水的生产和供应,电力、热力的生产和供应的用水强度大于 0.02 m³/元,属于耗水量高的输出行业。其余大部分经济部门的输出贸易用水强度小于 0.0064 m³/元,属于耗水量低的输出行业,其中,燃气生产和供应,科学研究和技术服务,水利、环境和公共设施管理的输

出贸易用水强度非常低,均小于 $0.0005 \text{ m}^3/\text{元}$ 。

表 3 2012 年江苏省各部门输出贸易用水强度

部门	输出贸易用水强度/ ($\text{m}^3 \cdot \text{元}^{-1}$)	部门	输出贸易用水强度/ ($\text{m}^3 \cdot \text{元}^{-1}$)
农林牧渔产品和服务	0.0018	其他制造产品	0.0005
煤炭采选产品	0.0027	废品废料	0.0007
石油和天然气开采产品	0.0017	金属制品、机械和设备修理服务	0.0006
金属矿采选产品	0.0006	电力、热力的生产和供应	0.0495
非金属矿和其他矿采选产品	0.0008	燃气生产和供应	0.0003
食品和烟草	0.0018	水的生产和供应	0.0692
纺织品	0.0025	建筑	0.0007
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	0.0007	批发和零售	0.0043
木材加工品和家具	0.0005	交通运输、仓储和邮政	0.0054
造纸印刷和文教体育用品	0.0028	住宿和餐饮	0.0029
石油、炼焦产品和核燃料加工品	0.0016	信息传输、软件和信息技术服务	0.0009
化学产品	0.0116	金融	0.0155
非金属矿物制品	0.0009	房地产	0.0010
金属冶炼和压延加工品	0.0037	租赁和商务服务	0.0049
金属制品	0.0020	科学研究和技术服务	0.0004
通用设备	0.0022	水利、环境和公共设施管理	0.0004
专用设备	0.0007	居民服务、修理和其他服务	0.0015
交通运输设备	0.0008	教育	0.0007
电气机械和器材	0.0030	卫生和社会工作	0.0009
通信设备、计算机和其他电子设备	0.0014	文化、体育和娱乐	0.0011
仪器仪表	0.0005	公共管理、社会保障和社会组织	0.0005

2.1.4 贸易中的虚拟水流量分析

估算得出 2012 年江苏省 42 个经济部门的贸易输出与贸易输入的虚拟水流量与净输出量,见表 4。从贸易输入来看,2012 年江苏省的虚拟水输入量较大,有利于江苏省节约水资源。其中,煤炭采选产品、化学产品、金属冶炼和压延加工品的虚拟水输入量很大,均超过 10 亿 m^3 。从贸易输出来看,2012 年江苏省的虚拟水贸易量也很大,不利于节约省内水资源,在贸易活动中应减少水资源密集型输出产品的出口。其中,化学产品、电气机械和器材的耗水量非常大,均超过 20 亿 m^3 。因此,为了节约水资源,应该根据各部门的完全用水强度调整贸易结构,增加高耗水产品的输入,减少高耗水产品的输出。

江苏省 2012 年 42 个经济部门虚拟水总体呈现净流入状态,表明江苏省水资源节约状况良好。在 42 个经济部门中,农林牧渔产品和服务,食品和烟

草,纺织品,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品,木材加工品和家具,化学产品,金属制品,通用设备,专用设备,交通运输设备,电气机械和器材,通信设备、计算机和其他电子设备,仪器仪表,废品废料,建筑,批发和零售,住宿和餐饮,信息传输、软件和信息技术服务,金融部门的虚拟水贸易的净输出量为正,虚拟水的输出量大于输入量。其中,虚拟水净输出量较大的部门有化学产品,电气机械和器材,通信设备、计算机和其他电子设备,这些部门的净输出虚拟水流量都超过了 10 亿 m^3 。煤炭采选产品,石油和天然气开采产品,金属矿采选产品,非金属矿和其他矿采选产品,造纸印刷和文教体育用品,石油、炼焦产品和核燃料加工品,非金属矿物制品,金属冶炼和压延加工品,其他制造产品,金属制品、机械和设备修理服务,燃气生产和供应,交通运输、仓储和邮政,房地产,租赁和商务服务,科学研究和技术服务,水利、环境和公共设施管理,居民服务、修理和其他服务,教育,卫生和社会工作,文化、体育和娱乐部门的虚拟水贸易的净输出量为负,虚拟水的输出量小于输入量。其中煤炭采选产品部门的净输入量最大,超过了 60 亿 m^3 。

根据已有的数据可以计算得出 2012 年江苏省 42 个经济部门的虚拟水净流入量为 $587\,235.0501 \text{ 万 m}^3$ 。尽管 2012 年江苏省的输出贸易额为 $62\,111.7362 \text{ 万元}$,输入贸易额为 $47\,146.9106 \text{ 万元}$,输出贸易额大于输入贸易额,但是输出贸易的完全用水强度小于输入贸易的完全用水强度,从而导致虚拟水贸易产生了净流入。

2.2 输入、输出贸易额调整的节水效应

从表 3 得到 2012 年江苏省 42 个经济部门的输出贸易用水强度,其中,水的生产和供应,电力、热力的生产和供应,化学产品属于输出贸易用水强度高的部门,由式(2)、式(3)可知,降低这 3 个部门的输出贸易额,有利于节约水资源。

参考中国外贸结构调整中对于进出口额调整的最大幅度为 $(\pm 15)\%$ ^[11],将调整幅度分别设定为 5%、10% 和 15%,计算调整后的虚拟水净流出量,与调整前虚拟水净流出量进行比较,得出各部门节水效应,见表 5。表中,节水效应是指调整贸易结构前虚拟水净流出量减去调整贸易结构后虚拟水净流出量,正值代表调整贸易结构后虚拟水净流出量增加,负值表示调整贸易结构后虚拟水净流出量减少。由表 5 可以看出,除化学产品外,其余两个部门没有明显的节水效应,说明输出贸易额的减少有利于降低部分经济部门虚拟水的净输出量。

表4 2012年江苏省42个经济部门输入、输出贸易中的虚拟水流量

部门	虚拟水流量/万 m ³						
	进口	省间流入	输入	出口	省间流出	输出	净输出量
农林牧渔产品和服务	9900.9648	5875.2005	15776.1652	714.2157	16145.0601	16859.2758	1083.1106
煤炭采选产品	23270.9190	671868.3209	695139.2399	22.0972	0.0000	22.0972	-695117.1427
石油和天然气开采产品	1.6153	60786.4386	60788.0540	0.5084	0.0000	0.5084	-60787.5456
金属矿采选产品	27915.2532	33883.6177	61798.8709	10.1213	0.0000	10.1213	-61788.7496
非金属矿和其他矿采选产品	731.3659	30755.8671	31487.2331	21.4049	0.0000	21.4049	-31465.8282
食品和烟草	3370.3121	14885.2372	18255.5493	2684.3712	23294.4829	25978.8541	7723.3048
纺织品	2850.4409	6197.5134	9047.9543	28589.1101	34692.1976	63281.3077	54233.3534
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	260.1627	81.4492	341.6119	12468.0737	7860.1134	20328.1872	19986.5752
木材加工品和家具	195.9534	1682.1400	1878.0934	2521.0395	2109.0214	4630.0609	2751.9675
造纸印刷和文教体育用品	7886.2141	22878.2960	30764.5101	13582.6016	0.0000	13582.6016	-17181.9085
石油、炼焦产品和核燃料加工品	3056.5852	17285.8472	20342.4324	1078.0165	1844.1303	2922.1467	-17420.2857
化学产品	269653.5231	230058.7522	499712.2753	228131.7986	672554.4753	900686.2739	400973.9986
非金属矿物制品	1351.8312	29939.6855	31291.5166	2509.6563	7673.6608	10183.3171	-21108.1996
金属冶炼和压延加工品	38901.0410	655966.3470	694867.3880	27110.4215	15839.8685	42950.2900	-651917.0980
金属制品	3907.6651	0.0000	3907.6651	14417.2412	293.1221	14710.3632	10802.6981
通用设备	15294.7613	19251.8378	34546.5991	32923.2743	40494.9308	73418.2051	38871.6060
专用设备	4404.1394	3102.4826	7506.6220	4636.6776	13914.5496	18551.2272	11044.6052
交通运输设备	1029.7313	27.3579	1057.0892	9004.3990	20831.9905	29836.3895	28779.3003
电气机械和器材	11935.4480	3087.7023	15023.1503	60280.5452	145591.1041	205871.6492	190848.4989
通信设备、计算机和其他电子设备	45181.6226	2363.0076	47544.6302	101544.7436	62138.4628	163683.2063	116138.5761
仪器仪表	1675.1519	0.0000	1675.1519	1779.5788	9926.8385	11706.4172	10031.2653
其他制造产品	44.9592	1773.1067	1818.0659	364.3945	0.0000	364.3945	-1453.6715
废品废料	0.0000	0.0000	0.0000	59.6037	1577.2190	1636.8227	1636.8227
金属制品、机械和设备修理服务	0.0000	2470.6517	2470.6517	0.0000	0.0000	0.0000	-2470.6517
电力、热力的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
燃气生产和供应	0.0000	1019.6773	1019.6773	0.0000	0.0000	0.0000	-1019.6773
水的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
建筑	111.1049	23107.2201	23218.3250	414.3499	45896.7578	46311.1077	23092.7827
批发和零售	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	44572.6231	44572.6231	44572.6231
交通运输、仓储和邮政	0.0000	73160.3095	73160.3095	0.0000	45577.9998	45577.9998	-27582.3097
住宿和餐饮	0.0000	91.9966	91.9966	0.0000	10238.4687	10238.4687	10146.4720
信息传输、软件和信息技术服务	0.0000	1873.1955	1873.1955	0.0000	10878.6563	10878.6563	9005.4609
金融	0.0000	15989.3306	15989.3306	0.0000	73686.6113	73686.6113	57697.2806
房地产	0.0000	548.8907	548.8907	0.0000	0.0000	0.0000	-548.8907
租赁和商务服务	2383.3298	50947.0734	53330.4032	885.1634	17390.3816	18275.5450	-35054.8582
科学研究和技术服务	0.2147	743.5281	743.7428	2.0769	6.3475	8.4245	-735.3184
水利、环境和公共设施管理	0.0000	33.7718	33.7718	0.0000	0.0000	0.0000	-33.7718
居民服务、修理和其他服务	0.0000	404.6971	404.6971	0.0000	0.0000	0.0000	-404.6971
教育	315.8314	0.0000	315.8314	74.2598	0.0000	74.2598	-241.5716
卫生和社会工作	0.0000	249.0673	249.0673	0.0000	0.0000	0.0000	-249.0673
文化、体育和娱乐	96.1281	20.8405	116.9687	42.8595	0.0000	42.8595	-74.1092
公共管理、社会保障和社会组织	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
合计	475726.2699	1982410.4575	2458136.7275	545872.6038	1325029.0736	1870901.6773	-587235.0501

表5 输出贸易额减少下的节水效应

万 m³

部门	调整 5%		调整 10%		调整 15%	
	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应
化学产品	337531.8255	-63442.1731	400973.9986	-464416.1717	865390.1703	-1329806.3419
电力、热力的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
水的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

从表2可以得到2012年江苏省42个经济部门的输入贸易用水强度,水的生产和供应,电力、热力的生产和供应,煤炭采选产品属于输入贸易用水强度高的部门,在5%、10%和15%3个调整幅度下增

加输入贸易额,根据公式计算出各部门节水效应,结果显示除煤炭采选产品外,其余两个部门没有明显的节水效应(见表6),说明输入贸易额的增加有利于减少部分经济部门虚拟水的净输出量,从而节约

了水资源。同时,随着调整幅度越来越大,节水效应越来越大。

根据模型估算得出 2012 年江苏省 42 个经济部门的虚拟水净输出量,其中化学产品,电气机械和器材,通信设备、计算机和其他电子设备的净输出量为正且很大。为了进一步节约水资源,需要对这 3 个

部门的输入输出贸易额进行调整,将输入贸易额分别提高 5%、10% 和 15%,输出贸易额分别降低 5%、10% 和 15%,结果显示 3 个部门有不同程度的节水效应(见表 7)。随着调整幅度的增加,虚拟水净输出量越来越少,节水效应越来越大。

表 6 输入贸易额增加下的节水效应

万 m³

部门	调整 5%		调整 10%		调整 15%	
	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应
煤炭采选产品	-730078.2978	-34961.1551	-765192.0598	-70074.9171	-800222.7273	-105105.5846
电力、热力的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
水的生产和供应	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

表 7 输出贸易额减少与输入贸易额增加下的节水效应

万 m³

部门	调整 5%		调整 10%		调整 15%	
	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应	净输出量	节水效应
化学产品	293987.1333	-106986.8653	185037.8116	-215936.1870	77094.7156	-323879.2830
电气机械和器材	177765.9119	-13082.5870	164708.0862	-26140.4127	151726.4719	-39122.0270
通信设备、计算机和其他电子设备	99913.6959	-16224.8802	83508.0103	-32630.5658	67164.4581	-48974.1180

3 结 论

a. 2012 年江苏省为虚拟水贸易净输入大省,42 个经济部门输入输出贸易中存在虚拟水净流入,高耗水部门的虚拟水净流入有利于整体节约水资源。

b. 从贸易额调整来看,水的生产和供应,电力、热力的生产和供应,化学产品属于输出贸易用水强度高的部门,降低其输出贸易额,除化学产品外,其余两个部门没有明显的节水效应。此外,水的生产和供应,电力、热力的生产和供应,煤炭采选产品属于输入贸易用水强度高的部门,增加输入贸易额,煤炭采选产品出现较大程度节水效应。化学产品,电气机械和器材,通信设备、计算机和其他电子设备的净输出量为正且很大,分别调整输入和输出贸易额,随着调整幅度的增加,虚拟水净输出量越来越少,节水效应越来越大。

由于江苏省投入产出表的数据更新至 2012 年,因此本文对揭示当前江苏省虚拟水贸易现状有一定的局限性。对于贸易结构的调整,是在 3 个调整幅度的情景下展开讨论,研究方法上仍需进一步探索,同时,贸易不仅仅是由水资源禀赋决定的,还与一个地区的人力、资本、资源、环境、历史等因素密切相关,本文缺乏对此方面问题的深入探索。但从研究成果来看,可以科学客观地表达江苏省 42 个经济部门的耗水情况及虚拟水的净输出,为江苏省政府调整贸易结构、实现经济资源和谐发展提供建议和参考。

参考文献:

- [1] 2015 年江苏省水资源公报[R]. 南京:江苏省水利厅, 2015.
- [2] ALLAN J A. Virtual water; a strategic resource global solutions to regional deficits [J]. Ground Water, 1998, 36 (4):545-546.
- [3] 程国栋. 虚拟水:中国水资源安全战略的新思路[J]. 中国科学院院刊,2003,18(4):260-265.
- [4] LENZEN M. Understanding virtual water flows; a multiregion input-output case study of victoria [J]. Water Resource Research,2009,45(9):W09410.
- [5] VELAZQUEZ E. An input-output model of water consumption; analysing intersectoral water relationships in andalusia [J]. Ecological Economics, 2006, 56 (2): 226-240.
- [6] 蔡振华,沈来新,刘俊国,等. 基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究[J]. 生态学报,2012,32 (20):6481-6488.
- [7] 朱启荣. 中国外贸中虚拟水与外贸结构调整研究[J]. 中国工业经济,2014(2):58-70.
- [8] 朱志强. 江苏省产业虚拟水出口贸易变动及其驱动因子研究[J]. 水资源与水工程学报,2016,27(2):69-75.
- [9] 梅燕,沈浩军. 基于投入产出法的浙江省虚拟水贸易实证分析[J]. 技术经济,2013(9):80.
- [10] 朱启荣. 中国外贸中虚拟水与外贸结构调整研究[J]. 中国工业经济,2014(2):59-60.
- [11] 张玲玲,李晓惠,王宗志. 考虑用水与排污的可比价投入产出表的编制[J]. 统计与决策,2014(17):19.
- [12] 2012 年江苏省水资源公报[R]. 南京:江苏省水利厅, 2012.

(收稿日期:2017-02-22 编辑:胡新宇)