

# 虚拟水和虚拟水贸易研究综述与展望

周 姣<sup>1,2</sup>, 史安娜<sup>2</sup>

(1. 南京晓庄学院 经济学院, 江苏 南京 210047; 2. 河海大学 商学院, 江苏 南京 210098)

**摘 要** 对国内外有关虚拟水、虚拟水贸易问题等方面进行了综述,在此基础上建议我国应推行区域虚拟水贸易战略解决区域的水安全问题,保障区域经济协调发展,指出我国实行区域虚拟水战略迫切需要研究和解决的问题。

**关键词** 虚拟水;虚拟水贸易;虚拟水贸易战略;水安全

中图分类号:F724.7

文献标识码:A

文章编号:1671-4970(2010)04-0064-04

虚拟水的思想起源于 Fishelson 在评价以色列农业时提出的“物化水”概念,他提出大量水资源密集型农作物的出口对以色列来说是不可持续的,因为伴随着农产品的出口大量的“物化水”被出口到国外。英格兰伦敦大学 Allan 教授于 1993 年首次创造性地提出,1996 年正式界定其定义——生产商品或服务所需要的水资源量<sup>[1]</sup>。

虚拟水贸易是指贫水国家和地区通过进口丰水国家和地区的水密集型产品来保证水资源安全的一种商业战略。虚拟水贸易的实质是比较优势理论的应用。水资源贫乏的地区通过进口虚拟水可以减轻对本地水资源的压力,并且克服了真实水进口路途遥远、价格昂贵、缺乏生态安全性的缺点,利用贸易的手段将水资源丰富地区富余水的可利用性与缺水地区水赤字联系在一起,完成了水资源的二次调配。

## 一、国外研究现状

### 1. 水生态足迹研究

水生态足迹概念的提出与生态足迹和虚拟水概念是分不开的。人口的“生态足迹”是指在确定的区域内,特定的物质生活条件下,一个丰富的陆地生态系统和水生生态系统所需要产生的资源和吸收的废物<sup>[2]</sup>。

Hoekstra 等<sup>[3]</sup>将水生态足迹定义为任何已知人口(一个国家、一个地区或一个人)在一定时间内消费的所有产品和服务所需要的水资源数量。生态足迹是从宏观上对资源进行研究,而水生态足迹是研究对水资源的利用。一个国家或地区的水生态足迹

等于国内用水量(WU)和虚拟水量净进口(NVWI)的代数和。水生态足迹可以分为内部水生态足迹和外部水生态足迹两类。内部水生态足迹是本国水资源的水利用量,外部水生态足迹是国家进口的产品和服务中所需要的来自其他国家的用水量。Hoekstra 等<sup>[2]</sup>完善了水生态足迹的概念,分别计算了内部水生态足迹和外部水生态足迹,发现以下 4 个因素会直接影响国家的水生态足迹:消费量、消费形式、气候条件和农业方式。

以往对于水资源的评价都是从生产角度出发的,而水生态足迹是从消费角度进行的。它是从各国对水资源的消费的来源来评价水资源的可持续性和利用效率。很多缺水国家缓解水压力的措施就是将水资源外部化,即增加外部水生态足迹。同时,水生态足迹也是评价国家水资源独立性的指标,从外部水生态足迹和内部水生态足迹方面,每个国家都从国际贸易中获得或支出了虚拟水,在水资源方面各个国家都对其他国家有不同程度的依赖,体现出建立健康、公平的国际市场的重要性。

### 2. 虚拟水定量计算方法研究

2002 年 12 月第一次关于虚拟水的国际会议在荷兰代夫特举行,探讨虚拟水定量分析方法。荷兰国际水文和环境工程研究所(IEE)为虚拟水定量分析提供了一套较为全面的方法体系,联合国粮农组织设计了 CropWat, ClimWat, Faostat 等数据库用以估算每个国家不同农作物的虚拟水含量。总的来说目前的计算方法具体方法有两种:一种是通过生产树

收稿日期:2010-04-10

基金项目:江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目(2010SJD90035)

作者简介:周姣(1978—),女,吉林珲春人,讲师,博士,从事资源经济学、区域经济学研究。

来进行分级计算虚拟水量<sup>[4]</sup>,另一种是将产品区分为不同产品类型进行区分计算<sup>[5]</sup>。Chapagain 等<sup>[4]</sup>通过用生产树来进行分级计算虚拟水量。具体计算方法分为两种:一种是从生产者的角度出发,虚拟水即为生产这种产品实际用的水,这种计算方法要考虑生产条件,包括生产地、生产时期和水利用率等。方法是,某产品的虚拟水量是以在产品需求地生产该产品所需要的水量。另一种方法是从使用者角度出发,虚拟水即为使用该种产品的地方生产这种产品所需要的水资源,这种方法在采用进口替代生产一种水密集型产品节约了多少水资源时特别有用。但缺陷是当进口方因为气候或其他条件不能生产这种进口产品时,这种产品的虚拟水量就不能用进口地生产这种产品的需水量来替代了。针对这个问题 Zimmer 和 Renaul<sup>[5]</sup>提出应用营养对等原则,根据生产有相同营养值的替代产品的虚拟水量来计算该产品的虚拟水量,将产品分为初级产品、加工产品、转移产品、副产品、复合产品和低耗或非耗水产品等不同的产品类型,并引入产品比例因子和价值比例因子进行区分计算。

上述几种方法尽管具体的运算形式和角度有所不同,但其最基本的计算基础——农作物的虚拟水含量均是由联合国粮农组织推荐的彭曼公式导出。然而用彭曼公式求出作物的需水量与实际的农作物灌溉用水量之间有较大差异。作物实际消费中包含了不形成径流的土壤水和有效降水,其中部分被作物利用并没有统计在农业灌溉用水中。这样在降水较丰的地区虚拟水消费统计量就远大于用水统计量,在干旱或半干旱地区,由于渠系渗漏、棵间蒸发等原因,虚拟水消费统计量又远小于用水统计量,以这样的数据来评价贸易调水量欠准确。

### 3. 虚拟水贸易的研究

比较利益、社会调适能力和虚拟水贸易战略的实证研究是虚拟水贸易研究中探讨的 3 个主要问题。

#### (1) 比较利益与虚拟水贸易

虚拟水只是强调资源贡献,并没有阐述生产技术或者水和其他资源的机会成本,因此比较利益与虚拟水是不同的概念。许多研究者对虚拟水和比较利益作了比较分析,Wichelns<sup>[6]</sup>认为虚拟水是比较优势的一个应用,只是特别强调了水资源。Allan<sup>[7]</sup>认为虚拟水是比较利益概念的继承和发展,而 Lan<sup>[8]</sup>认为与比较利益一样,虚拟水是经济地理基本原理的应用。有研究者建议,水短缺国家应该考虑从水贡献更大的国家进口粮食作物。但 Wichelns 认为这种概念框架是不正确的,这种建议只适合于部分地

区。因为虚拟水在描述一个水短缺国家如何通过进口高耗水作物获利时,说明的是这个国家水的贡献,而不是比较利益。

Wichelns 论述了比较利益及其计算步骤,指出确定比较利益的关键问题是在进行粮食贸易国家生产的机会成本,比较利益的计算分为两步:①估算贸易国家双方的生产机会成本;②比较两个国家的机会成本。机会成本可以用投入产出的价格信息进行计算,也可以通过比较生产某种产品或服务存在限制因子稀缺资源时,该种稀缺资源的数量。Wichelns 同时对粮食生产中可能出现的土地和水资源缺乏的各种情况进行分析比较,证明虚拟水贸易并不是对所有水资源缺乏的国家都是合适的,比较利益只能通过考虑在进行贸易的两个或更多国家中的资源贡献和生产技术来确定。

#### (2) 社会调适能力与虚拟水贸易

对于一个社会而言,无论采用什么政策和措施,都应有处理自然资源缺乏的调适能力。在讨论虚拟水贸易战略的应用是否可以解决粮食安全问题时,贸易双方的社会调适能力起到至关重要的作用。调适能力的理论由 Karshenas 提出,是为帮助对缺水地区的政治经济背景中水的理解。虽然 Karshenas 提出的理论没有解释为什么不同国家或不同社会实体有不同的发展轨迹,但在某些地方却暗示了与调适能力的相关性<sup>[9]</sup>。

Karshenas 对中东地区和 Turton 对南非地区没有发生战争而解决水困境的研究显示,水资源缺乏的概念只是对获得淡水资源的途径有限的描述,国际政治经济的有效性保证了该地区虚拟水贸易战略的实施并已经解决了中东地区的水资源问题,虚拟水贸易让中东、南非各国并没有付出太多经济成本和政治代价解决了水赤字问题,而在这两个区域社会调适能力发挥了有效作用。Ohlsson<sup>[10]</sup>提出了调适能力这个概念,他认为,为适应自然资源缺乏而提高社会资源的运用水平,这种社会资源就是这个社会的调适能力。他认为,自然资源缺乏的存在被视作第一性缺乏,而一个社会没有充分的调适能力去应对资源不足和做出相关调整被视作第二性缺乏,也就是缺乏调适能力,也可以说是一个社会整体没有能力找到处理第一性缺乏所致后果的社会工具。

综上所述,国外对虚拟水的研究主要集中在粮食问题上,通过虚拟水贸易将世界粮食和本国的水资源结合起来,并取得了巨大成就,同时虚拟水的研究向食物消费领域和流域水资源管理不断拓展,但尚处于一个探索阶段。总的来说,当前国外虚拟水的研究主要有以下 4 个特点:①农作物、动物及其产

品的虚拟水的量化研究及实证分析较多,但有关计算方法改进的研究较少,尤其针对工业产品的虚拟水定量研究得较少。②虚拟水贸易与粮食安全的定量研究较多,而虚拟水贸易与国家(地区)经济、社会福利增长的定量研究几乎空白。③对虚拟水战略实施的必要性的探讨较多,但具体的实施战略研究较少。④虚拟水战略可能产生的负面影响及对策研究处于空白状态。

## 二、国内研究动态

### 1. 虚拟水、虚拟水战略概念的引入

程国栋<sup>[11]</sup>明确提出了虚拟水和虚拟水战略的概念,并将水资源管理分为供给管理、需求管理、内部结构性管理和社会化管理4个方面,从理论角度分析了水资源社会化管理与水资源恢复重建的关系。探讨了虚拟水战略的政策含义,提出了实施虚拟水战略的对策建议。

### 2. 水生态足迹的研究

国内的学者也对水生态足迹进行了研究,龙爱华等<sup>[12]</sup>总结了水生态足迹的概念和计算方法,核算并分析了甘肃省2000年的虚拟水消费和水资源足迹。结果表明,2000年甘肃省全社会的水资源足迹大大高于水资源利用量的统计结果。还有学者利用水足迹和虚拟水的概念,计算了我国及各区域主要农产品的虚拟水含量,通过分析区域的农产品生产和消费关系,计算了我国国际和国内区域间的虚拟水流量,以及相应的水足迹和水的自给率,并进行了相关分析<sup>[13]</sup>。吴志峰等<sup>[14]</sup>应用水生态足迹理论与方法定量分析广州市1949年~1998年的水生态足迹变动,并预测随后若干年内的水域生态足迹变动。该文对水生态足迹变化进行模拟预测的尝试,同时为水行政主管部门制定水资源与水产品的生产和消耗决策提供科学依据。项学敏等<sup>[15]</sup>计算了大连市旅顺口区和大连市经济技术开发区的水足迹。结果表明,2003年旅顺口区的总水足迹不足开发区的50%,但实体水的消耗量约为开发区的1.5倍。旅顺口区水资源压力大的主要原因是该区将农业作为主要产业、在贸易过程中大量输出虚拟水的发展模式。

### 3. 虚拟水计算方法的探讨与应用

黄晓荣等<sup>[16]</sup>提出应用改进的投入产出法计算区域的虚拟水输出量和社会经济系统对水资源的消费利用状况。将水资源量纳入国民经济行业价值型投入产出表中构造出价值型—实物型混合性投入产出表,通过计算分析得到经济贸易过程中产生的虚拟水调水量。该方法与本地区各行业的投入产出紧

密相连,真实地反映了各行业的用水水平,与传统的基于彭曼公式的计算方法相比,该方法虽然不能计算出生产某种具体产品所需要的总水量,但可得出各行业及区间贸易调水量,从区域水资源合理配置角度看,这种方法计算更加直观、准确度较高。项学敏<sup>[17]</sup>总结了有关产品虚拟水的研究成果和不足之处,提出了工业产品虚拟水的计算方法,以辽河油田为例,计算出石油制品中虚拟水含量。在此基础上,建议中国石油行业今后应有计划进口石油制品,缓解我国水资源紧缺的现状。施宜等<sup>[18]</sup>将熵权理论引入到区域虚拟水贸易的各区域的优势评价当中。从虚拟水角度出发,用熵权理论对各个考察省份的农作物的虚拟水含量赋权进行计算分析,熵权大的省份说明其用水效率高、农作物的虚拟水含量低,熵权小的省份说明其用水效率高,农作物虚拟水含量高。进而将各个地区的熵权作为安排种植结构和生产结构的优先考虑因素。

龚新梅等<sup>[19]</sup>提出将虚拟水理论应用于新疆绿洲生态的恢复及可持续发展,提出通过引入虚拟水理论,量化可节约的水量,来衡量农业生产和环境保护的权重,能更有效地普及合理利用水资源的概念,促进绿洲的生态建设和生态环境保护。同时对虚拟水战略的应用前景以及可能存在的问题进行了前瞻性分析。曹静晖等<sup>[20]</sup>采用投入产出法对2000年张掖地区的虚拟水贸易量进行了估算,指出虚拟水理论和虚拟水贸易有待研究,有待继续展开的研究内容包括:虚拟水量的科学估算,虚拟水贸易的社会资源适应能力研究,虚拟水贸易对国家或地区水资源、生态和经济、文化的影响,虚拟水战略的区域政策保障与水资源管理体制等。

## 四、虚拟水贸易未来的研究展望

综上所述,由于我国引入虚拟水概念时间不长,相关研究还仅限于概念介绍、定性论述和简单的定量描述等层面,实际应用尚处于经济上无形、政治上无声的状态。为通过虚拟水这一“无形工具”解决我国水资源短缺和区域水资源安全问题,迫切需要从以下4个方面进一步研究:①虚拟水贸易定量计算方法的改进研究;②虚拟水贸易可能引起的问题及影响因素分析;③虚拟水贸易的有效性及其所需条件研究;④我国区域虚拟水贸易战略研究与应用。

众所周知,我国北方水资源匮乏,南方水资源丰富,区域性水资源短缺问题严重。而“虚拟水”、“区域虚拟水贸易”的概念为我国解决北方地区的水资源短缺、水环境污染等水问题提供了新思路——我们是否可以通过减少北方地区高耗水产品的生产而

从南方地区购入,通过区域间的虚拟水贸易解决北方水资源的短缺问题。“区域虚拟水贸易”的提出突破了我国水资源问题的研究必须围绕本区域“实体水”的观念束缚,拓宽了水资源安全研究的领域,改变了过去一直将水资源供需平衡研究置于宏观层面的状况,从静态的类型和结构研究转向动态的过程和机制研究<sup>[21]</sup>。为构筑我国区域水资源安全战略,恢复、重建各区域生态环境提供了新思路。但同时我们也应认识到区域虚拟水贸易战略的实施将引起众多问题,还需要从以下3个方面进行深入研究:①虚拟水贸易本身的相关理论研究还不全面,还有众多需要进一步研究推进之处;②对我国区域的虚拟水流动格局、区域经济发展情况以及社会调试能力等进行评价,论证我国实行区域虚拟水贸易的可行性与必要性;③虚拟水贸易是一种市场调节手段,必须要有政府的相关政策体系予以配套才能够顺利实施。

#### 参考文献:

[1] JALLAN J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible [ C ] // Priorities for Water Resources Allocation and Management. London: ODA, 1993: 13-26.

[2] HOEKSTRA A Y, CHANPAGAIN A K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern [ J ]. Water Resource Management, 2007( 21 ): 35-48.

[3] HOEKSTRA A Y, CHAPAGAIN A K, SAVENIJE H G. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries [ J ]. Ecological Economics, 2003( 60 ): 186-203.

[4] CHAPAGAIN A K, HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products [ C ] // HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade: value of water research report series No. 12. Netherlands, Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2003.

[5] ZIMMER D, RENAULT D. Virtual water in food production and global trade [ C ]. HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, Value of water research report series, Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2003: 213-245.

[6] WICHELS D. The role of “ virtual water ” in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt [ J ]. Agricultural Water Management, 2003( 49 ): 131-151.

[7] ALLAN J A. Hydro-peace in the middle east: why water wars? a case study of Jordan river basin [ J ]. SAIS Journal, 2003( 2 ): 255-272.

[8] LANT C L. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern [ J ]. Water Resource

Management, 2007( 21 ): 35-48.

[9] KARSHENAS S, RAHUL S. Virtual water trade in dairy economy irrigation water productivity in gujara [ J ]. Economic and Political Weekly, 1995( 7 ): 3492.

[10] OHLSSON S. Water scarcity and food import: a case study for southern mediterranean countries [ J ]. World Development, 1999( 8 ): 1413.

[11] 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( 4 ): 260-265.

[12] 龙爱华, 徐中民, 张志强, 等. 甘肃省 2000 年水资源足迹的初步估算 [ J ]. 资源科学, 2005, 27( 3 ): 123-129.

[13] 柯兵, 柳文华. 虚拟水在解决农业生产与粮食安全问题中的作用研究 [ J ]. 环境科学, 2004, 25( 2 ): 32-36.

[14] 吴志峰, 胡永红, 李定强, 等. 城市水生态足迹变化分析与模拟 [ J ]. 资源科学, 2006( 9 ): 152-154.

[15] 项学敏, 周笑白, 康晓林, 等. 大连市旅顺口区与经济技术开发区水足迹初步研究 [ J ]. 大连理工大学学报: 自然科学版, 2009( 1 ): 29-32.

[16] 黄晓荣, 裴源生. 宁夏虚拟水贸易计算的投入产出方法 [ J ]. 水科学进展, 2005( 7 ): 564-568.

[17] 项学敏. 工业产品虚拟水含量计算方法研究 [ J ]. 大连理工大学学报: 自然科学版, 2006( 2 ): 38-40.

[18] 施宜, 李磊. 熵权理论在虚拟水中的应用 [ J ]. 科技与管理, 2007( 2 ): 16-18.

[19] 龚新梅, 吕光辉, 桂东伟. 用虚拟水理论方法讨论新疆绿洲生态恢复与可持续发展 [ J ]. 干旱区资源与环境, 2007( 5 ): 132-135.

[20] 曹静晖, 朱一中. 基于投入产出分析的虚拟水贸易量估算: 以黑河流域张掖地区为例 [ J ]. 中国农村水利水电, 2008( 12 ): 52-58.

[21] 孙才志, 陈丽新. 我国虚拟水及虚拟水战略研究 [ J ]. 水利经济, 2010, 28( 2 ): 1-4.

#### · 简讯 ·

### 河海大学协办的江苏省法学会行政法学研究会 2010 年年会在南京召开

11 月 6 ~ 7 日,江苏省法学会行政法学研究会 2010 年学术年会在南京市召开。本次年会由江苏省法学会行政法学研究会主办,高淳县人民政府承办,河海大学协办。江苏省各高等院校及来自律师事务所、法院、检察院和政府法制办等实务部门的行政法学研究者共 130 余人出席了本次年会。本届年会的主题为“城市管理、城市化进程中的行政法问题研究”,围绕“城乡一体化进程中的立法问题、征地房屋的拆迁与补偿、城镇化进程中城市规划的缺失、当前行政诉讼的现状以及诉讼功能的畸化和回归、房屋登记案件民行交叉问题的司法解决”等内容,与会专家学者展开了深入的研讨和交流。本次年会共收到论文 80 多篇,评出一等奖优秀论文 20 篇,二等奖优秀论文 30 篇。(本刊编辑部供稿)