

楚雄州农畜产品虚拟水贸易研究

马国雨, 王新华, 侯铭欣 (云南农业大学水利水电与建筑学院, 云南昆明 650201)

摘要 为解决楚雄州缺水问题, 现引用虚拟水贸易概念, 以经济学的角度, 通过计算得出楚雄州各类农畜产品的虚拟水含量, 然后进行比较, 以减少该地区对虚拟水含量大的产品的生产, 而是通过贸易的方式从其他地区进口该产品, 从而转变该地区农畜产品的整体结构, 对该地区的水资源重新进行优化配置。虚拟水贸易研究可缓解该地区水资源短缺压力, 本着可持续发展的原则实现区域水资源可持续利用。

关键词 虚拟水; 农畜产品; 虚拟水贸易; 楚雄州

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2013)26 - 10801 - 03

水是生命之源, 不可否认的是地球上所有的生命都来源于水, 水也是经济发展进程中不可缺少的资源条件之一。在现在乃至将来, 水资源都是影响经济发展的关键因素。由于对水资源的不合理利用导致的水资源短缺、水污染、水生态退化等一系列问题, 使得楚雄地区水安全及经济发展面临着严重的挑战。按照经济发展的“木桶”理论, 楚雄地区水资源短缺已成为制约当地经济社会全面、协调、快速和可持续发展的最短“木板条”^[1]。因此解决该地区供水矛盾, 实现新形势下的水资源高效利用及可持续发展已成为楚雄经济发展的关键问题。

1 虚拟水和虚拟水贸易的概念

虚拟水概念是由英国伦敦大学亚洲研究院教授 Tony Allan 在 1993 年创造性提出的新概念, 是指生产商品和服务所需要的水资源数量, 并且是以虚拟形式存在于产品和服务中的非实体状态的水资源形式^[2]。它是隐藏在贸易背后看不到的水资源交易。虚拟水概念的提出改变了解决水资源短缺问题的原有思维方式, 它以经济学的角度拓宽了对水资源的认知和研究领域, 为诸多致力于解决水短缺问题的专家学者们提供了一条崭新的研究途径。最新研究表明, 人们不仅在饮用和淋浴时需要消耗水, 在消费其他产品时也会消耗大量的水。比如, 生产 1 t 小麦需要耗费 1 000 t 的水资源, 1 t 玉米需要耗费接近 1 200 t 的水资源, 1 t 稻米需要耗费 2 000 t 的水资源^[3]。1 kg 鸡肉含有 3 ~ 4 t 虚拟水, 1 kg 牛肉含有 15 ~ 30 t 虚拟水。假如楚雄每年向昆明市出口 1 千 t 的牛肉, 从虚拟水的角度解释就是楚雄每年向昆明出口了 1 500 万 ~ 2 000 万 t 的水资源, 而实际远远不只这些。因此, 农畜产品贸易背后隐藏着难以想象的水资源交易量。2001 年南非向赞比亚出口了 9 000 t 玉米, 从虚拟水的角度来说就是南非出口了 1 080 万 t 的水^[4]。从使用者的角度看, 一种产品的虚拟水含量是使用该产品的地方生产这种产品所需要的水资源量。该定义对于平衡缺水地区水资源赤字是有意义的^[5]。

2 虚拟水含量的计算

2.1 农作物虚拟水含量的计算

作者简介 马国雨(1990 -), 男, 河北石家庄人, 硕士研究生, 研究方向: 水资源高效利用与优化配置, E-mail: maguoyu1990@163.com。

收稿日期 2013-08-11

水含量的计算方法不同, Zimmer 和 Renault 等将农作物产品分为 4 种主要类型, 即初级产品、加工产品、副产品和消耗产品, 其他三类虚拟水含量的计算都离不开初级产品的虚拟水含量计算。

作物需水量的影响因素主要包括气象因素(包括降水、气温、水气压、日照时数和风速)、作物类型(植物生理等)、土壤条件、种植时间、灌溉系统及灌溉系统的管理方式等, 它反映一个地区一种作物维持正常的生长发育及生态环境所需要的水量, 因此农产品虚拟水的量化只是特定地点的一种粗略估计。通常采用联合国粮农组织(FAO)推荐的标准彭曼(Penman-Monteith)公式^[6]进行计算, 其表达形式如下:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

式中, ET_0 为日潜在蒸散量(mm/d); Δ 是饱和水汽压与温度相关曲线的斜率(kPa/°C); R_n 为作物表面的净辐射量(mm/d); G 为土壤热通量[(MJ/(m²·d))]; T 为平均气温(°C); U_2 为离地面 2 m 高处的风速(m/s); e_a 为饱和水汽压(kPa); e_d 为实际水汽压(kPa); γ 为湿度计常数(kPa/°C)。作物需水量由 ET_c 得来, ET_c 表示在农作物 c 种植的过程中, 作物累积的土壤水分蒸发蒸腾损失总量。最常用的计算方法是作物系数法, 作物系数对潜在的蒸散予以修正, 这样就可以将作物类型和土壤等环境因素考虑进去, 如下式所示: $ET_c = K_c ET_0$ 。式中, K_c 为适宜当地农业生产的作物系数。

表 1 楚雄州 2010 年主要粮食作物虚拟水含量

作物名称	单位成品虚拟水含量 m ³ /kg	产量 万 kg	作物虚拟水含量 万 m ³	百分比 %
水稻	0.82	39 018.70	31 995.33	33.68
玉米	0.72	36 886.40	26 558.21	27.95
小麦	1.73	3 653.60	6 320.73	6.65
蚕豆	0.66	3 759.60	2 481.34	2.61
马铃薯	0.77	5 737.00	4 417.49	4.65
油菜籽	2.35	1 812.42	4 259.18	4.48
甘蔗	0.22	1 098.71	241.72	0.25
烤烟	1.85	10 127.40	18 735.69	19.72
总和			95 009.69	100.00

表 1 清楚地表示了楚雄主要粮食作物的虚拟水含量的百分比。从表 1 可知, 水稻、玉米和烤烟虚拟水含量总和占 8

种主要农作物虚拟水含量的81.3%,是主要的耗水作物。其中小麦的单位虚拟水含量要更大一些,所以要在满足当地饮食要求的情况下适当地减少小麦的种植面积,可以节约更多的水资源,尤其是在4月下旬楚雄最缺水的季节可以解决人畜的饮水问题,缓解用水压力。从楚雄历年气象分析可知,楚雄在冬春季节有效降雨极少,容易造成干旱,不利于小春作物的成长以致于大量减产,浪费财力物力及水资源,所以不易种植小春作物,还需另选其他作物种植。经济作物中油菜籽和烤烟的单位虚拟水含量也很大,其中油菜籽按0.4的比例榨成油脂后虚拟水含量更高,但是由于总体种植面积不大,耗水相对较少。

2.2 动物虚拟水含量的计算 动物产品的虚拟水含量主要依赖于动物的类型、动物的饲养结构和动物成长的自然环境,计算较农作物虚拟水的计算要复杂。动物的生命周期中所需的虚拟水含量主要由三部分组成:饲料的成长及加工用水、生活饮用水以及清洗圈舍等服务用水。然后将活体动物的虚拟水含量加上加工用水在该动物产品中进行分配^[7],计算如下: $VWC_a[e,a] = VWC_{feed}[e,a] + VWC_{drink}[e,a] + VWC_{serv}[e,a]$ 。式中, $VWC_a[e,a]$ 为出口区域 e 的动物 a 的虚拟水含量; $VWC_{feed}[e,a]$ 为饲养用水的虚拟水含量; VWC_{drink} 为饮用水的虚拟水含量; $VWC_{serv}[e,a]$ 为服务用水的虚拟水含量。其中饲料中所含的虚拟水包括两部分:一是饲料本身所含有的虚拟水量,二是混合饲料时拌入的实际水量。

由表2可知,动物产品虚拟水含量基本与农作物持平,其中猪肉与牛肉占畜产品虚拟水含量的87%,猪肉是牛肉总虚拟水含量的两倍多,但是单位重量的猪肉虚拟水含量是牛肉的1/2,牛羊肉的单位虚拟水含量较大。家禽、鲜蛋及牛奶不管是从单位产品还是从总和看,虚拟水含量都是不大的。

由于近几年严重的干旱以及极端气候变化增多,不但会影响畜牧养殖规模的壮大,动物疫病种类、传入渠道增多,同时给动物疫病防治工作带来极大难度。因此应适当地减少牛羊的养殖量,可以在干旱季节避免不必要的经济损失。

表2 楚雄州2010年主要动物虚拟水含量

名称	单位成品虚拟水含量 m^3/kg	产量 万 kg	总虚拟水含量 万 m^3	百分比 %
猪肉	2.90	23 979.40	69 540.26	63.15
牛肉	5.80	4 527.60	26 260.08	23.85
羊肉	5.80	1 607.40	9 322.92	8.47
家禽	1.44	2 631.20	3 788.93	3.44
鲜蛋	1.44	771.40	1 110.82	1.01
牛奶	0.29	322.10	93.41	0.08
总和			110 116.42	100.00

3 虚拟水贸易平衡

一个地区的虚拟水出口总量或虚拟水进口总量取决于该地区出口或进口的产品数量和单位产品虚拟水含量。净虚拟水进口量为该地区的虚拟水进口总量和虚拟水出口总量的代数和,称之为虚拟水贸易平衡状况^[8-9],其计算公式: $NVWI(x,t) = GVWI(x,t) - GVWE(x,t)$ 。式中, $NVWI(x,t)$ 为 x 地区在 t 年的净虚拟水进口量, m^3/a ,其值的正负表示一个地区虚拟水的进口或输出; $GVWI(x,t)$ 为该地区在 t 年的虚拟水进口总量, m^3/a ; $GVWE(x,t)$ 为该地区在 t 年的虚拟水出口总量, m^3/a 。由于缺乏楚雄州与其他州市的贸易数据,因此将生产量视为出口量,当地消费量视为进口量进行计算,计算结果见表3、4。

表3 楚雄州2010年主要粮食作物虚拟水贸易量

名称	单位成品虚拟水含量// m^3/kg	年人均消费量 $kg/(a \cdot 人)$	楚雄州		贸易量 万 kg	虚拟水贸易量//万 m^3
			人口	消费量 万 kg		
水稻	0.82	140.69	2 687 174	37 805.85	1 212.85	994.54
玉米	0.72	16.32	2 687 174	4 385.47	32 500.93	23 400.67
小麦	1.73	5.67	2 687 174	1 523.63	2 129.97	3 684.85
蚕豆	0.66	3.99	2 687 174	1 072.18	2 687.42	1 773.70
马铃薯	0.77	3.48	2 687 174	935.14	4 801.86	3 697.43
油菜籽	2.35	5.20	2 687 174	1 397.33	415.09	975.46
甘蔗	0.22	14.00	2 687 174	3 762.04	-2 663.33	-585.93
烤烟	1.85	0.40	2 687 174	107.49	10 019.91	18 536.84
总和						52 477.55

注:数据来源于2011年云南统计年鉴^[10]及楚雄人口普查资料。

表4 楚雄州2010年主要动物虚拟水贸易量

名称	单位成品虚拟水含量// m^3/kg	年人均消费量// $kg/(a \cdot 人)$	楚雄州		贸易量 万 kg	虚拟水贸易量//万 m^3
			人口	消费量 万 kg		
猪肉	2.90	30.00	2 687 174	8 061.52	15 917.88	46 161.85
牛肉	5.80	2.00	2 687 174	537.43	3 990.17	23 142.96
羊肉	5.80	0.70	2 687 174	188.10	1 419.30	8 231.93
家禽	1.44	6.50	2 687 174	1 746.66	884.54	1 273.73
鲜蛋	1.44	2.29	2 687 174	615.36	156.04	224.69
牛奶	0.29	0.73	2 687 174	196.16	125.94	36.52
总和						79 071.68

注:数据来源于2011年云南统计年鉴^[10]及楚雄人口普查资料。

从表 3 可知,人们对水稻的消费量比较大,从而贸易量较小、虚拟水贸易量也就小。玉米和烤烟的消费量很小,但是产量很大,导致玉米和烤烟的出口量很大,造成大量虚拟水的外流。由于甘蔗种植面积小,产量少,造成了通过甘蔗的贸易进口了一定量的虚拟水,但是相对于楚雄州虚拟水的出口量来说,这只是其中的很少一部分。从表 4 可知,猪肉和牛肉的产品贸易量和虚拟水贸易量都是最大的,占畜产品贸易量总和的 87.7%,两种产品导致了大量的虚拟水出口,且畜产品虚拟水贸易量比农作物虚拟水贸易量多一半左右。因此楚雄州应调节产业结构,在利用雨季多余水资源的同时,应考虑到楚雄季节性的干旱问题,从而在实现充分利用水资源且有利于维持良好生态环境的基础上实现利益最大化。

4 结论与讨论

研究结果表明,楚雄州主要粮食作物中单位产品最耗水的是油菜籽,而总耗水量最大的是水稻。由此可知,楚雄地区要想节约水资源的话,就应当在满足当地需求的情况下适当减少水稻和油菜籽的种植面积,增加甘蔗等耗水量小的粮食作物。由于天气的因素,云南地区从冬季到次年的春季都无有效的降雨,从而导致严重的干旱问题。而小麦恰恰是小春作物,春季正值小麦生长之际,却是干旱时节,人畜喝水都是问题,小麦得不到充分的灌溉,造成减产或者更严重的颗粒无收。因此农业部门应认真分析楚雄气候的实际情况,调整种植结构,实现水资源的合理、充分的利用。但是,想要将水效益纳入到区域粮食作物布局的参考因素,需要通过特定措施,如调节水价来实现^[11]。在畜牧业方面,减少总体的饲养头数,努力发展第二、第三产业,实现产业结构的转变,促成水资源的良性循环。因此,第二、三产业的发展问题是 Allan 虚拟水战略能否实施的关键问题^[12]。同时,贸易方面要加大虚拟水含量高的产品进口量,减少输出量,从而减少农畜产品中虚拟水含量的贸易顺差。

(上接第 10800 页)

(9)其他指标。主要考虑到各地河流水环境的不同,在咨询当地专家的基础上确定修复目标。

3 结论

在全国各地的城市河流中,每一条河流都发挥着自己应有的效果。水环境是体现城市河流面貌的一个重要因素,对居民的生活也有着不小的影响。改善城市河流水环境必须将自然因素和社会因素统一结合起来,以实现人和自然和谐相处的目标为根本动力,从而制定出一套适合城市发展的水环境综合评价体系,才能让城市河流水环境的综合治理取得更为显著的成效。

参考文献

[1] 赵彦伟,杨志峰.城市河流生态系统健康评价初探[J].水科学进展,

因为获取资料的限制,笔者只计算了农畜产品的部分产品,还有其他虚拟水含量较高的农畜产品,都存在虚拟水贸易,其所含的虚拟水量不可能被忽略,所以计算广度有待加大、计算深度有待加深。由于历年各种虚拟水含量不是一个定值,而且幅值较大^[13],笔者计算的数据值反映了 2010 年楚雄州的虚拟水贸易情况。另外由于一些产品的计算是粗略估计,所以计算精度有待提高。

参考文献

- [1] 时丽艳,王力,河冬晓.水资源短缺的有效解决途径——虚拟水战略[J].资源与环境,2007,23(8):740-743.
- [2] ALLAN J A. Virtual Water: A long term solution for water short Middle Eastern economies [C]//Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science. Ledes, 1997.
- [3] 余艳玲,王新华,饶碧玉.云南省滇中地区虚拟水贸易初步研究[J].人民长江,2011,42(21):53-55.
- [4] OHLSSON L. The turning of a screw: Social resource scarcity as a bottleneck in adaptation to water scarcity[J]. Stockholm Water Front, 2000(1): 10-11.
- [5] RENAULT D. Value of virtual water in food: principles and virtues [G] // HOCKSTRA A Y. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. The Netherlands: IHE Delft, 2003: 77-91.
- [6] HOEKSTRA A Y, HUNG P Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flow between nations in relation to international crop trade [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. Itheldelft, 2003: 25-47.
- [7] 王新华. 中部四省虚拟水贸易的初步研究[J]. 中国农村水利水电, 2004(9): 30-33.
- [8] 曹建廷,李原园,张文胜,等. 农畜产品虚拟水研究的背景、方法及意义[J]. 水科学进展, 2004, 15(6): 829-834.
- [9] 王新华. 中部四省虚拟水贸易的初步研究[J]. 中国农村水利水电, 2004(9): 30-33.
- [10] 云南统计局. 云南统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [11] 黄姣,高阳,李双成. 东北三省主要粮食作物虚拟水变化分析[J]. 北京大学学报, 2011, 47(3): 505-512.
- [12] 徐忠民,宋晓瑜,程国栋. 虚拟水战略新论[J]. 冰川冻土, 2013, 35(2): 490-495.
- [13] 韩宇平,雷宏军,潘红卫,等. 农产品虚拟水含量计算方法研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4423-4426.

2005, 16(3): 349-355.

- [2] HE H Z, SHE L K. Treatment of wastewater in chemistry laboratory through flocculent settling and constructed wetlands[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(4): 15-17.
- [3] WANG Y L. Comprehensive assessment and analysis of water environmental quality in the mainstream[J]. Meteorological and Environmental Research, 2012, 3(8): 28-31, 39.
- [4] 汪常青,吴永红,刘剑彤. 武汉市城市湖泊水环境现状及综合整治途径[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(5): 499-502.
- [5] 宋庆辉,杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考[J]. 水科学进展, 2002, 13(3): 377-382.
- [6] 谷朝君,潘颖. 内梅罗指数法在地下水水质评价中的应用及存在问题[J]. 环境保护科学, 2002, 28(1): 45-47.
- [7] 彭静,廖文根. 对水环境研究的认识及展望[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, 2(4): 271-275.