

不同消费模式下的虚拟水消费分析

张金萍¹, 刘俊阁¹, 郭兵托², 原文林¹

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 水是日常生活消费过程中必不可少的资源, 消费模式的变化与水资源的消耗有着直接关系. 对郑州市 1999—2008 年城镇居民和农村居民虚拟水消费量分别进行计算分析. 结果显示: 郑州市城镇居民虚拟水消费量呈现出逐年增加的趋势, 农村居民虚拟水消费量略有下降; 城镇居民人均虚拟水消费量是农村居民消费量的 1.6 倍左右; 城镇居民的虚拟水消费多样性指数与均匀性指数均高于农村居民. 这就需要增加农村居民的收入, 提高农村居民消费水平, 缩小城乡差距; 同时还要正确引导人们的消费习惯, 提高水资源的利用效率.

关键词: 消费模式; 虚拟水消费; 城镇居民; 农村居民

中图分类号: TV213.9

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.02.021

0 引言

消费模式是在一定的消费观念、消费态度支配下, 由社会制度、生产力状况、区域自然资源、经济发展水平、民族习惯等因素影响下形成的消费格局^[1]. 在这些消费产品中, 其生产和服务过程中必然有水资源的消费, 即水是基本的和必要的投入. 不同的消费模式对水资源的利用有着很大的影响和导向性^[2], 这里的水资源利用主要是指镶嵌在人们日常食品消费过程中的虚拟水的利用与消耗. 虚拟水消费量的多少可以反映人们对水资源的利用情况, 同时从消费者角度计算得出的虚拟水消费量也是居民日常消费情况的一个反映, 它与人们日常的消费情况即消费模式有着很紧密的联系.

王新华^[3]以全国为例, 计算分析了消费模式变化对人均虚拟水消费量的影响; 龙爱华等^[4]以甘肃省为例, 运用产品虚拟水研究方法核算并分析了 1989—2003 年的水资源足迹及其变化; 尚海洋等^[5]以甘肃省 1992—2005 年虚拟水消费量为例, 分析消费模式对虚拟水消费量的影响作用之后, 比较 3 种消费模式调整方案.

笔者以郑州市为例, 计算郑州市 1999—2008 年虚拟水消费量, 将郑州市居民分为城镇居民与

农村居民进行对比分析, 研究不同消费模式下虚拟水消费情况.

1 虚拟水的理论基础

1.1 虚拟水的概念

虚拟水由 Tony Allan 教授于 1993 年初次提出, 并将其定义为生产农产品所需要的水资源数量^[6], 后经发展, 定义为生产商品和服务所需要的水资源数量. Tony Allan 教授提出的虚拟水的概念是水资源研究领域里新的方法和思路, 它从更深层次上揭示耗水机理, 更全面的反映人们对水资源的占有程度^[7-8].

1.2 虚拟水计算方法

1.2.1 农作物产品的虚拟水计算方法

对农作物用水量进行计算时, 作物生产需水是指作物生长发育期间通过蒸发蒸腾所消耗的水量. 作物需水量的计算采用联合国粮农组织推荐的彭曼公式计算^[9].

$$ET_c = K_c \cdot ET_0; \quad (1)$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}. \quad (2)$$

式中: ET_0 为参考作物蒸发蒸腾量, mm/d; Δ 为饱和水蒸气压对温度的导数; R_n 为净辐射量, MJ/

收稿日期: 2011-09-12; 修订日期: 2011-12-20

基金项目: 国家“973”计划资助项目(2010CB951102); 国家自然科学基金资助项目(50939006; 51109189); 河南省自然科学基金研究计划项目(2010A570006).

作者简介: 张金萍(1979-), 女, 河南沁阳人, 郑州大学讲师, 博士, 主要从事水资源高效利用与水资源管理研究, E-mail: jingping2000_zh@163.com.

($\text{m}^2 \cdot \text{d}$); G 为土壤热通量, $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$; γ 为温度表常数, $\text{kPa}/^\circ\text{C}$; T 为平均温度, $^\circ\text{C}$; u_2 为 2 m 高处风速, m/s ; e_s 为饱和水汽压, kPa ; e_d 为实际水汽压, kPa .

单一农作物产品的虚拟水含量为作物生长期的耗水量除以作物产量^[10],即

$$SWD[n,c] = \frac{CWR[n,c]}{CY[n,c]}.$$
 (3)

式中: $SWD[n,c]$ 为区域 n 作物 c 单位重量的虚拟水含量, m^3/t ; $CWR[n,c]$ 为区域 n 作物 c 的需水, m^3/hm^2 ; $CY[n,c]$ 是区域 n 作物 c 的产量, t/hm^2 .

1.2.2 动物产品的虚拟水含量计算

动物产品的虚拟水含量被定义为动物存活整个生命周期所消耗的水资源量,具体的计算过程见图 1^[10].

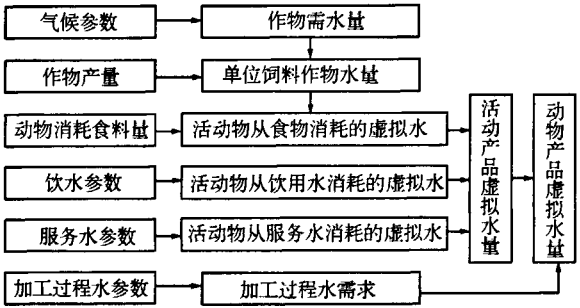


图 1 动物产品虚拟水含量计算流程图
Fig. 1 Steps in the calculation of virtual water contented in livestock products

1.2.3 工业产品的虚拟水含量计算

工业产品的虚拟水含量就是在工业产品生产和加工过程中所需要的水量,计算公式如式(4)和式(5)表示.

某工厂年产工业产品所含虚拟水总量 = 年生产过程中机械损耗折合用水 + 年生产人员生生活用水 + 生产过程中的添加水 + 服务性用水.

(4)

单位产品虚拟水含量 = 年产工业产品所含虚拟水总量/年产产品数量. (5)

2 郑州市 1999—2008 年虚拟水消费计算

2.1 郑州市城镇居民 1999—2008 年人均虚拟水消费量

虚拟水消费量即是单位产品的虚拟水含量乘以产品消费量. 根据郑州市统计年鉴 2000—2009 年的有关数据^[11], 整理得出居民日常食品消费量. 对郑州市城镇居民和农村居民的虚拟水消费情况分别进行统计计算, 结果如表 1、表 2 所示.

计算结果显示, 郑州市城镇居民人均虚拟水消费量整体上呈增加的趋势, 由 1999 年的 415.48 $\text{m}^3/\text{人}$ 增加到 2008 年的 511.90 $\text{m}^3/\text{人}$, 增加了 23.21%. 2008 年有所下降, 这主要是 2008 年受经济危机的影响, 人们的消费水平有所下降.

人均虚拟水消费中粮食产品虚拟水消费量所占的比重最大, 占虚拟水消费总量的 20% ~ 30%, 其原因是粮食产品虚拟水含量及人均消费量均较大; 其次是肉类和酒类虚拟水消费量大, 原因是单位产品的虚拟水含量较高; 对于蔬菜产品人均消费量虽然较大, 但单位蔬菜产品的虚拟水含量较低, 仅为 0.064 m^3/kg , 导致蔬菜产品的虚拟水消费量较低. 可知虚拟水的消费总量不仅与实物产品的消费量有关, 同时还与单位产品的虚拟水含量有关.

在这些产品中, 粮食和肉类产品虚拟水消费量有所增加, 后又维持在一定的水平; 瓜果、油类、蛋类这几类产品是先增后降, 基本保持稳定; 酒类是逐渐下降的过程; 而高营养的奶类和副食类食品是呈现逐渐增加的趋势. 这主要是因为人们收入水平的提高, 对高营养产品或奢侈消费品的消费量逐渐增加, 消费观念也开始发生变化, 朝着比较合理健康的方向发展.

表 1 郑州市城镇居民人均虚拟水消费量

Tab. 1 Virtual water consumption of city resident in Zhengzhou $\text{m}^3/\text{人}$

消费项目	粮食	蔬菜类	肉类	瓜果	油类	蛋类	食糖	奶类	酒类	总计
1999	116.67	7.92	81.83	31.34	33.20	55.74	1.55	23.23	64.00	415.48
2000	114.66	8.06	86.16	27.58	37.51	58.20	1.63	26.15	87.20	447.15
2001	115.99	10.92	109.69	35.96	59.12	61.13	2.68	30.83	89.32	515.62
2002	175.88	12.07	112.50	26.53	38.07	44.50	3.93	27.75	77.32	518.57
2003	171.05	9.18	115.54	24.32	42.59	48.23	4.20	41.96	64.59	521.64
2004	167.19	9.79	110.03	23.96	45.37	46.23	4.19	42.97	63.30	513.03
2005	165.64	8.98	108.18	23.13	38.33	45.53	4.25	43.96	66.64	504.64
2006	168.63	9.15	112.71	25.34	41.54	44.68	4.96	45.80	64.92	517.72
2007	159.12	9.59	111.93	26.60	41.61	50.26	5.21	61.50	65.40	531.21
2008	176.57	9.33	108.20	22.50	40.60	45.13	4.32	40.32	64.94	511.90

表 2 郑州市农村居民人均虚拟水消费

Tab.2 Virtual water consumption of country resident in Zhengzhou

m³/人

消费项目	粮食	蔬菜	肉类	瓜果	油类	蛋类	食糖	奶类	酒类	总计
1999	206.72	11.75	52.35	7.83	30.14		1.88	0.90	44.90	356.48
2000	246.42	5.19	22.20	6.56	43.13		0.98	0.79	35.00	360.27
2001	212.64	10.63	40.26	7.68	56.50		0.87	0.77	38.33	367.68
2002	223.18	9.28	41.04	7.75	48.80	23.74	1.31	1.35	41.36	397.79
2003	207.44	4.11	28.58	3.46	31.04	23.67	0.83	1.70	22.61	323.43
2004	191.05	4.93	26.47	4.86	30.09	22.35	0.79	2.49	33.89	316.93
2005	209.76	6.20	29.59	4.01	27.76	25.54	0.83	4.08	41.67	349.44
2006	191.69	5.52	35.04	4.56	28.57	29.08	0.84	5.35	50.19	350.84
2007	195.17	6.33	32.34	5.35	28.25	26.24	0.88	8.51	51.79	354.85
2008	177.19	5.59	33.88	5.69	33.80	28.49	1.13	11.70	40.40	337.86

2.2 郑州市农村居民 1999—2008 年人均虚拟水消费量

农村居民人均虚拟水消费量波动较大,但整体上是一个下降的过程,由 1999 年的 356.480 m³/人下降到 2008 年的 337.86 m³/人,降幅为 0.52%。其中,粮食产品虚拟水消费量最大,约占人均虚拟水消费量的 50% 以上,其下降是虚拟水消费总量下降的主要原因;蔬菜类、肉类、瓜果类产品也是一个逐渐下降的过程;对于高营养的奶类和蛋类的消费量逐渐增加;酒类和食糖的波动较大。这也从另一方面说明农村居民消费水平较低,消费结构比较简单。

2.3 对比分析

郑州市城镇居民人均虚拟水消费量约是农村居民人均虚拟水消费量的 1.6 倍左右。产品的消费中粮食产品的虚拟水消费量农村居民高于城镇居民,两者在 2008 年基本相等;其他一些产品虚拟水消费量均是城镇居民大于农村居民。这主要是由于城镇居民与农村居民的收入水平不同引起的,收入水平较高的城镇居民,对那些价格较高的肉类和蛋奶等产品的消费量较多;而农村居民主要是以满足温饱的粮食类产品为主。整体来说郑州市居民的消费水平是逐步提高的,消费结构也在逐渐完善。

3 虚拟水消费多样性与均匀性分析

3.1 虚拟水消费多样性

Shannon-Weaver 公式是度量物种多样性指数的公式,其数值的大小可以反映物种的多样性。计算公式如下^[12]:

$$H = - \sum_{i=1}^n [p_i \ln p_i] . \tag{6}$$

式中: H 为虚拟水消费多样性; p_i 为各类虚拟水消

费的比例,消费类别分别包括粮食、蔬菜、肉类、油类、蛋类、食糖、奶类、酒类、糕点等。

这里将 Shannon-Weaver 公式用于此来说明各类食物产品的虚拟水消费之间的均衡关系。各种食物产品的虚拟水消费分配越接近平等,则多样性越高,食物虚拟水消费多样性的高低是消费水平高低的反映。

3.2 虚拟水消费均匀性

在 Shannon-Weaver 公式中包含两个成分:种数;各种间个体分配的均匀性。个体之间分配越均匀, H 值就越大。对于均匀性指数的测定,可以通过估计理论上的最大多样性指数(H_{\max}),然后以实际的多样性指数 H 对 H_{\max} 的比率,从而获得均匀性指数 E ^[12]。计算公式如下:

$$E = H/H_{\max} ; \tag{7}$$

$$H_{\max} = - S \left(\frac{1}{S} \ln \left(\frac{1}{S} \right) \right) = \ln S . \tag{8}$$

式中: H 为虚拟水消费多样性指数; H_{\max} 为最大虚拟水消费多样性指数; S 表示消费品的种数。

3.3 虚拟水消费多样性与均匀性指数计算结果

郑州市居民虚拟水消费多样性指数与均匀性指数具体计算结果见表 3。

从表中可以看到,郑州市城镇居民虚拟水消费的多样性高于农村居民。城镇居民虚拟水消费的多样性指数在 1999—2001 年间较高,2002 年有所降低,之后逐渐回升,呈现缓慢增加的趋势,这表明郑州市城镇居民食品消费结构整体变化不是很大,是相对较为平稳的发展过程,是稳中有升的变化趋势。从均匀性指数方面来看,2002 年之前均匀性指数较高,2002 年降低,降低的主要原因是粮食产品的消费量增加,与其它产品之间的差值增大,导致均匀性降低。2002 年之后均匀性指数又逐渐升高,这主要是由于其它各类产品的

消费量逐渐增加,与粮食产品的消费量之间的差值缩小,说明消费品分布逐渐分散化,不再是以某一类产品的消费为主。

表3 郑州市居民虚拟水消费多样性指数与消费均匀性指数

Tab.3 The diversity index and evenness index of virtual water consumption of Zhengzhou residents

年份	虚拟水消费多样性指数 H		虚拟水消费均匀性指数 E	
	城镇居民	农村居民	城镇居民	农村居民
1999	1.889	1.307	0.760	0.628
2000	1.889	1.076	0.760	0.517
2001	1.933	1.293	0.778	0.622
2002	1.818	1.422	0.732	0.647
2003	1.838	1.248	0.740	0.568
2004	1.851	1.344	0.745	0.612
2005	1.842	1.351	0.741	0.615
2006	1.850	1.449	0.744	0.660
2007	1.887	1.461	0.759	0.665
2008	1.823	1.534	0.734	0.698

农村居民虚拟水消费多样性指数波动中呈现逐渐增加的趋势,表明农村居民消费品的分布逐步分散化,饮食结构得到一定的改善,从均匀性指数角度分析可以得出同样的结论。但与城镇居民相比,农村居民虚拟水消费指数和均匀性指数均较低,这也表明农村居民的消费水平低于城镇居民。

4 虚拟水消费变化趋势分析

郑州市居民虚拟水人均消费量乘以人口得到郑州市居民虚拟水消费总量。郑州市1999—2008年城镇居民与农村居民的虚拟水消费变化趋势如图2、3所示。

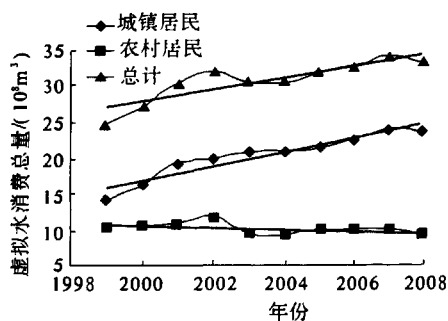


图2 郑州市居民虚拟水消费总量变化趋势

Fig.2 The trends of total virtual water consumption of Zhengzhou residents

郑州市城镇居民虚拟水消费总量由1999年的14.13亿 m^3 增加到2008年的23.73亿 m^3 ,呈

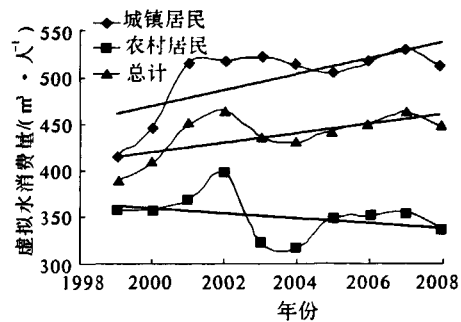


图3 郑州市居民人均虚拟水消费量变化趋势

Fig.3 The trends of virtual water consumption of per capita in Zhengzhou

现逐年增加的趋势,增幅为68%,增幅较高。对于人均虚拟水消费量由415.48 m^3 /人增加到511.90 m^3 /人,增幅为23.21%,远远小于虚拟水消费总量的增加幅度,这主要是由于人口的增加引起的。郑州市城镇居民人口由1999年的340万增加到2008年的463.5万,增加了36.32%。

郑州市农村居民的虚拟水消费总量由1999年的10.40亿 m^3 下降到2008年的9.46亿 m^3 ,下降了8.96%;人均虚拟水消费量由1999年的356.48 m^3 /人下降到2008年的337.86 m^3 /人,下降幅度为5.22%,小于虚拟水消费总量的下降幅度,这主要是由于人口减少引起的。

图2、3对比可知,郑州市城镇居民无论是虚拟水消费总量还是人均消费量均比农村居民虚拟水消费高;以及从上面的虚拟水消费多样性指数与均匀性指数来讲,城镇居民的均比农村居民的要高。据统计年鉴中数据,郑州市城镇居民的收入是农村居民收入的1.6倍左右。收入是影响居民消费水平的主要因素,收入水平的高低直接影响着消费过程,而实物消费量的增减又是虚拟水消费量增减的主要原因。即收入水平的高低会影响虚拟水消费量,同时虚拟水消费量的多少又可以反映出居民的收入情况。

5 结论

(1)缩小城乡差距,提高农村居民消费水平。虚拟水的计算结果可以反映人们日常的实物消费水平。计算结果显示,郑州市城镇居民人均虚拟水消费量是农村居民的1.6倍左右,这也反映了郑州市农村居民的消费水平比城镇居民要低,主要是因为农村居民的收入较低。为了缩小城乡差距,改善农村居民的消费水平,只有提高农村居民的收入,完善农村居民的社会保障体系。

(2)引导居民改善消费模式,节约用水.在居民的虚拟水消费中,粮食、肉类、蛋类和酒类产品的虚拟水消费量较多.对于粮食来说,主要是由于粮食的消费量较大,而对于肉类、蛋类和酒类来说则主要是由于单位产品的虚拟水含量较高引起的.为了减少水资源利用量,可以减少一些高虚拟水含量产品比如肉类、蛋类产品的消费量,多消费虚拟水含量较低的产品,如蔬菜、水果等.将节约的水资源用于工业生产,发展本区域的经济,提高本区域的经济实力.

(3)人口增加是虚拟水消费总量变化的一个主要原因.分析结果显示,郑州市人均虚拟水消费量的变化幅度远远小于虚拟水消费总量的变化趋势,这主要是由于人口的放大作用引起的.郑州市城镇人口由1999年的340.0万增加到2008年的463.5万.郑州市农村人口由1999年的291.6万减少到2008年的280.1万,这也是农村居民虚拟水消费总量减少幅度大于人均虚拟水消费量减少幅度的主要原因.

参考文献:

- [1] 任淑荣,赵翠萍,张锋,等.河南省农村居民消费结构分析[J].南阳师范学院学报:自然科学版,2003,2(12):69-73.
- [2] 王新华,张志强,龙爱华,等.虚拟水研究综述[J].中国农村水利水电,2005(1):27-30.
- [3] 王新华.消费模式变化对虚拟水消费的影响[J].中国农村水利水电,2006(2):32-34.
- [4] 龙爱华,张志强,徐中民,等.甘肃省水资源足迹与消费模式分析[J].水科学进展,2005,16(3):418-425.
- [5] 尚海洋,徐中民,王思远.不同消费模式下虚拟水消费比较[J].中国人口·资源与环境,2009,19(4):50-54.
- [6] ALLAN J A. Virtual water; A long term solution for water short Middle Eastern economies[C]//1997 British Association Festival of Science, University of Leeds, September,1997.
- [7] 刘俊阁,张金萍.河南省2008年水足迹分析[J].人民黄河,2011,33(9):62-64.
- [8] 张金萍,刘俊阁,田浩业.基于农业用水的虚拟水战略分析[J].节水灌溉,2011(3):75-78.
- [9] PENMAN H L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass[J]. Proc Roy Soc,1948,A193:120-146.
- [10] 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), Delft: IHE Delft, 2003:105-118.
- [11] 郑州市统计局. 郑州统计年鉴(2000~2009)[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [12] RICH N A. Diversity and stability in street tree population[J]. Urban Ecology,1983(7):159-171.

Analysis of Virtual Water Consumption Among Various Consumption Patterns

ZHANG Jin-ping¹, LIU Jun-ge¹, GUO Bing-tuo², YUAN Wen-lin¹

(1. School of Water Conservancy & Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Yellow River Engineering Consulting Co. Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Water is essential to the process of daily consumption, and the change of consumption patterns is directly related to water consumption. Virtual water consumption of city and country residents in Zhengzhou was calculated and analyzed from 1999 to 2008. Results show that, virtual water consumption of Zhengzhou urban residents has a growing trend year by year, whereas the water consumption of Zhengzhou rural residents declines slightly. The virtual water consumption of city per capita is 1.6 times as great as country per capita consumption, moreover, the diversity index and evenness index of urban residents is higher than rural residents. Thus, in order to narrow the gap between city and country areas, it is necessary to increase the income of rural residents and improve the consumption level; and at the same time people's consumption habits should be correctly guided to improve water use efficiency.

Key words: consumption pattern; virtual water consumption; city resident; country resident