

中国畜产品的虚拟水含量

王红瑞^{1,2}, 王军红^{1,2}

(1. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 2. 北京师范大学水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要: 阐述了畜产品虚拟水含量概念及我国开展畜产品虚拟水贸易研究的意义, 归纳了畜产品虚拟水及贸易的计算方法. 在此基础上对中国畜产品虚拟水含量分省市进行了分析和研究, 计算出中国各省市畜产品虚拟水含量历年的变化情况及各类畜产品现状分布情况, 并与各地的水资源总量进行对比分析. 结果表明: ①近年来, 我国畜产品虚拟水含量呈现快速增长趋势, 尤以禽蛋和猪肉为甚; ②畜产品虚拟水总量分布不均, 畜产品虚拟水总量较大的省市分布在山东、河北、河南和东北 3 省等, 而我国的南部、甘肃和宁夏等畜产品虚拟水总量相对较小; ③北京、天津、河北、内蒙古、辽宁、吉林、山东、河南和宁夏等省市和自治区畜牧业的快速发展会给当地日益紧缺的水资源带来更大的压力.

关键词: 虚拟水; 虚拟水含量; 畜产品虚拟水含量; 水资源; 计算与分析

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2006)04-0609-07

Virtual Water Content of Livestock Products in China

WANG Hong-rui^{1,2}, WANG Junhong^{1,2}

(1. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory for Water and Sediment Sciences Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The paper expatiated the virtual water content concept of livestock products and the study meaning on developing virtual water trade of livestock products in China, then summarized the calculation methods on virtual water and virtual water trade of livestock products. Based on these, the paper analyzed and researched every province virtual water content of livestock products in details, then elicited various situation of every province virtual water content of livestock products in China by year. Moreover, it compared virtual water content of livestock products with local water resources. The study indicated the following results: ①The virtual water content of livestock products is increasing rapidly in China recently, especially poultry eggs and pork; ②The distribution of virtual water content of livestock products is not balanced, mainly lies in North China, East China and so on; ③The increasing production of livestock in Beijing City, Tianjin City, Hebei, Nei Monggol, Liaoning, Jilin, Shandong, Henan and Ningxia province and autonomous region will bring pressure to local water shortage.

Key words: virtual water; virtual water content; virtual water content of livestock products; water resources; calculation and analysis

1 虚拟水、虚拟水贸易及畜产品虚拟水

虚拟水是 Tony Allan 于 20 世纪 90 年代初提出的新概念^[1,2], 是指生产商品和服务所需要的水资源量^[3~6]. 国家和地区之间的进出口虚拟水称为虚拟水贸易.

虚拟水包括农产品虚拟水、畜产品虚拟水和工业产品虚拟水等, 其中, 农产品虚拟水含量的研究在国内外已经较成熟; 畜产品虚拟水含量在国内外已经有所报道, 但是国内研究缺乏报道; 工业产品虚拟水含量的研究在国内外还没有展开. 畜产品虚拟水是指活动物整个生长过程需要的水量, 以及成为畜产品后处理过程需要的水量, 畜产品虚拟水含量研究计算十分复杂, 是当前研究的热点和难点.

国外研究者阐述了作物和畜产品在不同的生产和处理阶段的虚拟水含量, 估计了不同国家之间的虚拟水贸易量^[7~10]. Chapagain 和 Hoekstra 对牛生

长需要的虚拟水量和由牛得到的畜产品所需要的虚拟水量做了详细的定性描述和定量分析, 并给出了其虚拟水含量的具体计算方法和步骤, 这是国外对畜产品虚拟水研究比较成功的案例^[11].

张敦强和罗贞礼, 黄璜等对畜产品的虚拟水含量的计算方法做了简单介绍^[13], 但与区域的畜产品的生产流程相结合来计算畜产品的虚拟水含量的方法步骤在我国几乎还没有. 对我国不同地区畜产品虚拟水含量开展研究既可以丰富我国虚拟水的研究内容, 同时为平衡地区水资源差异提供新的思路.

2 我国开展畜产品虚拟水研究的意义

我国水资源南北分布不均, 水资源问题是我国 21 世纪社会经济可持续发展的重要限制因素之一.

收稿日期: 2005-06-10; 修订日期: 2005-08-01

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(G1999043601)

作者简介: 王红瑞(1963~), 男, 副教授, 博士, 主要从事水文水资源、环境规划评价方面的研究, E-mail: henryzsr@bnu.edu.cn.

缺水地区随着人口的增加和经济的发展,借助虚拟水贸易来解决水资源短缺问题将会成为水管理的重要战略抉择^[12].

近年来,我国的畜产品产值在农业总产值的所占的比例越来越高,由 1980 年的 18.4% 增长到 1990 年的 25.7%,进而增长到 2002 年的 30.9%,我国是畜产品虚拟水贸易净出口国,位居世界第 17 位^[11],畜产品的出口在增加我国经济收入的同时,也给我国局部缺水地区的水资源带来更大的压力,因此开展畜产品虚拟水的工作是十分迫切的.

总之,畜产品虚拟水含量的研究可以为畜产品贸易的调整提供政策指导和科学依据.

3 畜产品虚拟水含量的计算方法

3.1 活动物及畜产品的虚拟水含量计算过程

动物在它生命周期内总的虚拟水含量被定义为用来生长、提供其饮水和食物以及清扫其居住环境所需要的水的总量,因此,活动物的虚拟水含量由 3 部分构成:

$$VWC_a[e, a] = VWC_{\text{food}}[e, a] + VWC_{\text{drink}}[e, a] + VWC_{\text{serv}}[e, a] \quad (1)$$

式中, VWC_a 为国家 e 出口动物 a 的虚拟水含量(单位: m^3/t); VWC_{food} 、 VWC_{drink} 和 VWC_{serv} 分别为动物饲养、饮食和设施的虚拟水含量(单位: m^3/t).

(1) 饲养消耗的虚拟水量 饲养消耗的虚拟水量由 2 部分组成,第 1 部分是用来准备饲料的实体水,第 2 部分是不同饲料组分的虚拟水含量的总和.饲养动物的虚拟水含量计算公式如式(2):

$$VWC_{\text{food}}[e, a] = \frac{\int_{\text{birth}}^{\text{slaughter}} \left[q_{\text{mixing}}[e, a] + \sum_{c=1}^{n_c} SWD[e, c] \times C[e, a, c] \right] dt}{W_a[e, a]} \quad (2)$$

式中, $q_{\text{mixing}}[e, a]$ 为出口国或地区 e 动物 a 时用来搅拌饲料的水量(m^3/d); $C[e, a, c]$ 为出口国 e 动物 a 消耗的作物 c 量(t/d); $SWD[e, c]$ 为出口国或地区 e 作物 c 的虚拟水量(m^3/t); $W_a[e, a]$ 为出口国或地区 e 活动物 a 的平均重量(t).

每个国家或地区 e 的 1 种饲料粮食的具体虚拟水量计算式(3):

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

式中, $CWR[e, c]$ 为国家 e 作物 c 需水量(m^3/hm^2); $CY[e, c]$ 为作物的产量(t/hm^2).使用 FAO 开发的 CROPWAT 模型来计算作物的需水量.

(2) 饮用水的虚拟水含量 来源于饮用的一个动物虚拟水含量等同于提供给动物饮水的总的水量,计算范围包含整个动物的生长周期,其计算公式如式(4):

$$VWC_{\text{drink}}[e, a] = \frac{\int_{\text{birth}}^{\text{slaughter}} q_d[e, a] dt}{W_a[e, a]} \quad (4)$$

式中, $q_d[e, a]$ 为出口国或地区 e 动物 a 的饮用水每天的需水量(m^3/d); $W_a[e, a]$ 为动物 a 的整个生命周期的重量(t).

(3) 设施用水的虚拟水含量 动物的虚拟水含量就是在整个动物生命周期内清洁场院,清洗动物和其他设施所需要的总的水量.设施用水虚拟水含量计算公式如式(5):

$$VWC_{\text{serv}}[e, a] = \frac{\int_{\text{birth}}^{\text{slaughter}} q_{\text{serv}}[e, a] dt}{W_a[e, a]} \quad (5)$$

式中, $VWC_{\text{serv}}[e, a]$ 为出口国 e 动物 a 虚拟水含量(m^3/t); $q_{\text{serv}}[e, a]$ 为出口国 e 动物 a 设施每天用水的需水量(m^3/d).

3.2 畜产品虚拟水含量的计算方法

初级产品的虚拟水含量包括活动物的虚拟水含量和所需要的处理水量.活动物每 t 的处理需水量计算式(6):

$$PWR[e, a] = \frac{Q_{\text{proc}}[e, a]}{W_a[e, a]} \quad (6)$$

式中, $PWR[e, a]$ 为出口国 e 活动物 a 生产初级产品的需水量(m^3/t); $Q_{\text{proc}}[e, a]$ 为出口国 e 每个活动物 a 处理水量(m^3).活动物(VWC_a)和处理需水量(PWR)的虚拟水总的含量与每吨活动物初级产品是分不开的.为此,引入 2 个概念“生产系数”和“价值系数”.出口国 e 产品 p 的生产系数 $pf[e, p]$ 的定义为包含在每 t 活动物初级产品的重量,公式如式(7):

$$pf[e, p] = \frac{W_p[e, p]}{W_a[e, a]} \quad (7)$$

式中, $W_p[e, p]$ 为出口国 e 从每个活动物 a 获得的初级产品 p 的重量. $W_a[e, a]$ 出口国 e 活动物 a 的重量.通常生产系数小于 1,因为这些初级产品仅仅是动物的一部分.然而,有的产品的生产系数可能大于 1,因为这些产品是在动物的整个生命周期内获得的,比如像牛奶和鸡蛋.

价值系数 $vf[e, p]$ 为这种动物产生的 1 种产

品的市场价格比上这种动物产生的所有产品的市场价值总和, 计算公式如式(8):

$$vf[e, P] = \left[\frac{v[P] \times pf[e, p]}{\sum (v[p] \times pf[e, p])} \right] \quad (8)$$

分母为动物 a 所有的初级产品的价值. $v[p]$ 为产品 p 的市场价格(元/t). 因此, 初级产品 p 的虚拟水含量(VWC)计算公式为:

$$VWC_p[e, p] = (VWC_a[e, a] + PWR[e, a]) \times \frac{vf[e, p]}{pf[e, p]} \quad (9)$$

次级产品虚拟水含量由初级产品虚拟水含量和处理耗水量组成. 处理需水量($PWR[e, p]$)等于初级产品 p 加工成次级产品所需要的水量.

生产系数 $pf[e, p]$ 现在定义为从每 t 初级产品获得的次级产品的重量的比率. 同样, 价值系数 $vf[e, p]$ 定义为 1 种次级产品的市场价值与从初级产品获得的所有产品的市场价值的比值.

因此, 次级产品 p 的虚拟水含量(m^3/t)可由式(9)来计算, 不同的是把初级产品虚拟水含量和初级产品处理需水量变为次级产品.

以同样的方法可以计算 3 级以及 3 级以上的产品的虚拟水含量. 第 1 步通常是获得进口产品和相应处理水的虚拟水含量. 以生产分数和价值分数为基础, 不同的出口产品中, 这 2 部分的总和都可以得到.

3.3 全球畜产品虚拟水贸易的计算过程

畜产品的贸易量乘以其对应的虚拟水的含量就是国家之间畜产品虚拟水的贸易量. 虚拟水贸易的计算公式如式(10):

$$VWT[n_e, n_i, c, t] = CT[n_e, n_i, c, t] \times SWD[n_e, c] \quad (10)$$

式中, VWT 为在 t 年, 出口国 c 向进口国 n_i 出口畜产品 c 的虚拟水贸易量(m^3/a); CT 为在 t 年, 出口国 n_e 向进口国 n_i 出口畜产品 c 的量(t/a); SWD 为出口国 n_e 畜产品 c 的需水量(m^3/t).

进口国 n_i 进口的畜产品虚拟水总量为:

$$GVWI[n_i, t] = \sum_{n_e, c} VWT[n_e, n_i, c, t] \quad (11)$$

出口国出口的畜产品虚拟水总量为:

$$GVWE[n_e, t] = \sum_{n_i, c} VWT[n_e, n_i, c, t] \quad (12)$$

国家 x 在 t 年的畜产品虚拟水贸易的平衡公式为:

$$NVWI[x, t] = GVWI[x, t] - GVWE[x, t] \quad (13)$$

式中, $NVWI$ 为净进口的畜产品虚拟水量(m^3/a).

综上, 活动物及畜产品虚拟水含量及贸易的计算过程见图 1.

4 中国畜产品虚拟水含量的分析

中国自 1980 年以来畜产品生产发展十分迅速, 2002 年中国肉类总产量为 $6\,586.5 \times 10^4 t$, 较 1980 年 $1\,205.4 \times 10^4 t$ 增长了 5 倍.

4.1 中国畜产品历年虚拟水含量计算与分析

根据上述畜产品虚拟水含量的计算方法以及文献[11], 结合对包括中国在内的全球各国畜产品耗水量的研究成果, 对中国主要畜产品(牛肉、猪肉、羊肉、禽肉、牛奶和禽蛋)的虚拟水含量以及各省市虚拟水总含量分别进行计算. 由表 1 可知, 自 1985~2002 年, 全国各种畜产品虚拟水含量均呈增长趋势, 其中增长较快的是禽蛋、猪肉和牛肉, 特别是禽蛋虚拟水含量增幅最高, 年均增长率为 10%, 1993 年以前小于猪肉虚拟水含量, 但 1993 年以后其虚拟水含量开始高于猪肉虚拟水含量, 并呈快速增长趋势. 而牛奶和禽肉的虚拟水含量增幅较低. 总之, 近年来我国畜产品虚拟水含量出现了较快的增长, 今后并将会持续增长, 这会对我国逐渐紧缺的水资源情势带来更大的压力.

4.2 中国畜产品虚拟水含量现状分析

以 2002 年为例, 选取牛肉、猪肉、羊肉、禽肉、禽蛋及牛奶等 6 种主要畜产品, 对中国目前畜产品虚拟水含量进行计算, 计算结果见图 2~7.

从图 2 可知, 牛肉虚拟水含量较大的省市主要分布在我国的山东、河南、河北、安徽、新疆、四川及东北 3 省, 这些省市牛肉虚拟水的含量均大于 $61 \times 10^8 m^3$, 而宁夏、陕西、山西、西藏、湖北、重庆及东南沿海相对较少. 从图 3 可知, 猪肉虚拟水含量较大的省市主要是我国的四川、湖南、山东、河南、河北, 这些省市猪肉虚拟水的含量均大于 $82 \times 10^8 m^3$, 而山西、陕西、宁夏、新疆、西藏、青海和海南相对较少. 由图 4 可知, 羊肉虚拟水含量较大的省市主要分布在我国的新疆、河南、山东、内蒙古、河北、江苏及四川, 这些省市羊肉虚拟水的含量均大于 $27 \times 10^8 m^3$, 而重庆、贵州、江西、福建、广东、广西和海南相对较少, 因此, 2002 年我国羊肉虚拟水含量较大的省市除四川外主要分布在我国北部. 由图 5 可知, 禽肉虚拟水含量最大的省是山东, 其次为河南、河北、江苏、安徽、辽宁、吉林及广东, 这些省市禽肉虚拟水的含量均大于 $21 \times 10^8 m^3$, 而我国的西北地区以及沿海的

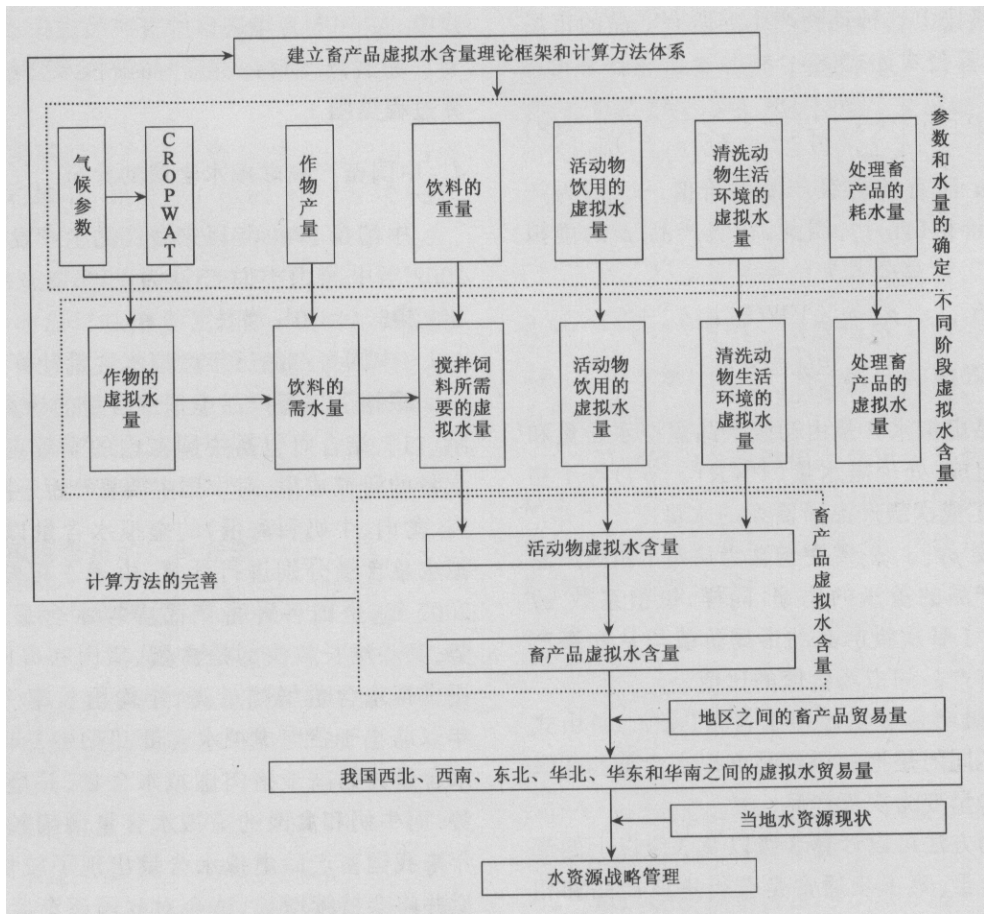


图 1 动物及畜产品虚拟水贸易的计算步骤

Fig. 1 Steps in the calculation of global virtual water flows related to international trade in livestock and livestock products

表 1 1985~ 2002 年中国主要畜产品虚拟水含量¹⁾ × 10⁸/m³

Table 1 Virtual water content of the main China livestock products during 1985~ 2002

年份	牛肉虚拟水含量	猪肉虚拟水含量	羊肉虚拟水含量	禽肉虚拟水含量	禽蛋虚拟水含量	牛奶虚拟水含量
1985	93.35	589.24	111.28	49.84	462.57	55.00
1986	117.74	639.56	116.72	58.46	480.13	63.81
1987	158.31	653.41	134.92	68.26	510.58	72.66
1988	191.49	718.47	150.50	85.37	601.68	80.56
1989	214.28	755.93	180.52	87.73	622.70	83.92
1990	251.06	812.30	200.41	100.45	687.41	91.50
1991	306.83	873.26	221.43	122.88	797.62	102.26
1992	360.40	938.43	234.56	141.30	882.32	110.73
1993	466.94	1 016.45	257.64	178.45	1 020.64	109.74
1994	653.64	1 141.23	301.93	234.94	1 279.48	116.39
1995	596.67	1 016.13	285.23	225.33	1 450.51	126.87
1996	711.01	1 124.56	339.65	259.05	1 700.09	138.53
1997	881.32	1 280.64	399.32	304.41	1 641.18	132.30
1998	959.27	1 382.99	440.23	328.61	1 748.63	145.90
1999	1 010.24	1 426.39	471.56	347.03	1 846.73	157.94
2000	1 065.01	1 435.58	514.16	375.65	1 940.68	182.11
2001	1 097.00	1 490.10	549.25	376.52	2 021.48	225.71
2002	1 168.56	1 540.70	594.29	388.81	2 130.48	286.09

1) 畜产品产量数据来自农业部畜牧兽医局和全国畜牧兽医总站(1985~ 2002). 海南自1987年开始统计; 重庆自1996年开始统计

浙江、福建相对较少, 所以, 2002 年我国禽肉虚拟水含量较大的省市主要分布在我国的东北 3 省及东部

沿海地区; 由图 6 可知, 禽蛋虚拟水含量最大的省是山东、河北与河南, 其次为辽宁、江苏, 这些省市禽蛋

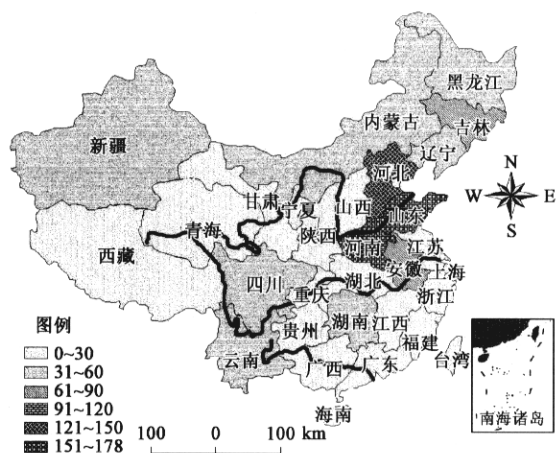


图 2 2002 年中国牛肉虚拟水含量分布图 (单位: 10^8t)

Fig.2 The beef virtual water content of China in 2002 (unit: 10^8t)

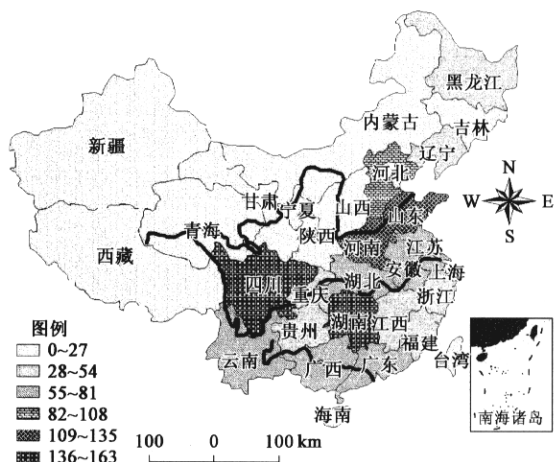


图 3 2002 年全国猪肉虚拟水含量分布图 (单位: 10^8t)

Fig.3 The pork virtual water content of China in 2002 (unit: 10^8t)

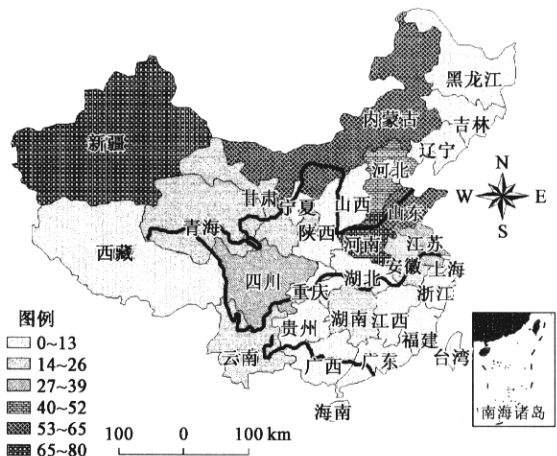


图 4 2002 年中国羊肉虚拟水含量分布图 (单位: 10^8t)

Fig.4 The mutton virtual water content
of China in 2002 (unit: 10^8t)

虚拟水的含量均大于 $117 \times 10^8 \text{m}^3$, 而我国的西北地区及长江以南相对较少, 所以, 2002 年我国禽蛋虚拟水含量较大的省市主要分布在华北及华中地区; 从图 7 可知, 牛奶虚拟水含量最大的省是黑龙江, 其次为甘肃、内蒙古、河北、新疆、山东、江苏等省市, 这些省市牛奶虚拟水的含量均大于 $19 \times 10^8 \text{m}^3$, 而青海、四川、安徽、湖北、重庆、及长江以南相对较少, 所以, 2002 年我国牛奶虚拟水含量较大的省市主要分布在我国的北方地区, 长江以南较少。

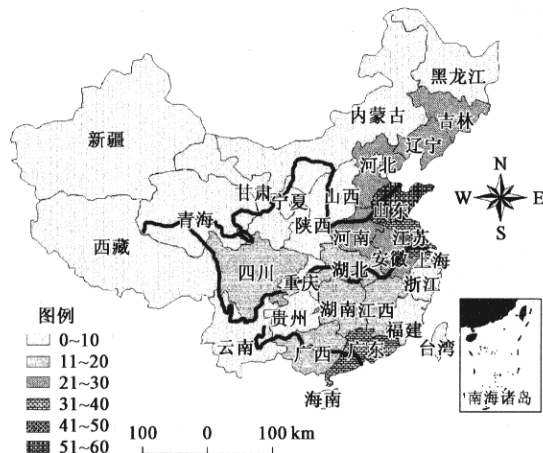


图 5 2002 年中国禽肉虚拟水含量分布图 (单位: 10^8t)

Fig.5 The fowl virtual water content of China in 2002 (unit: 10^8t)

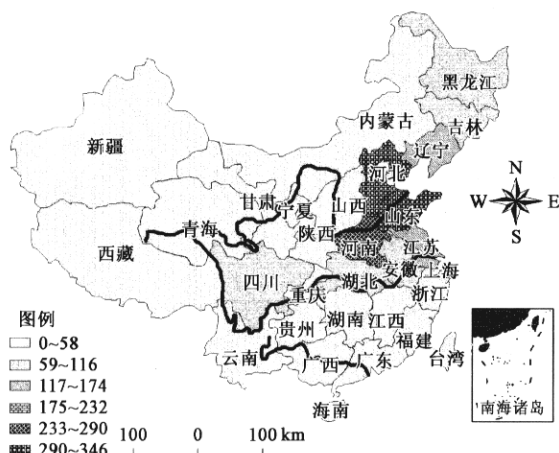


图 6 2002 年中国禽蛋虚拟水含量分布图 (单位: 10^8t)

Fig.6 The eggs virtual water content of China in 2002 (unit: 10^8t)

总之, 我国畜产品虚拟水含量分布不均, 山东、河北、河南、江苏、东北 3 省、新疆、湖南、湖北及四川畜产品虚拟水总量较大, 而我国的南部、西藏、甘肃、青海及宁夏地区畜产品虚拟水总量相对较小 (见图 8)。

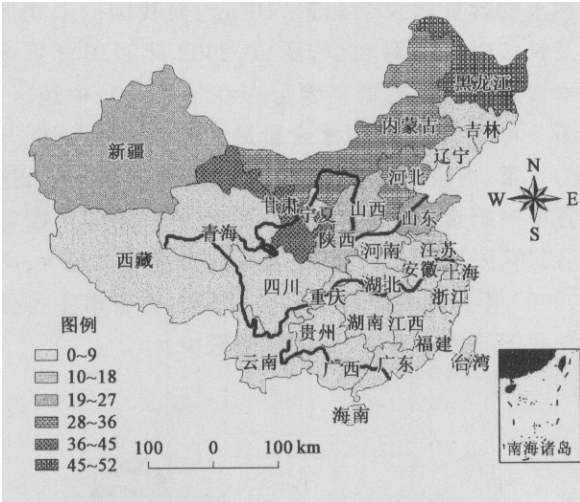


图 7 2002 年中国牛奶虚拟水含量分布图(单位:10⁸t)

Fig. 7 The milk virtual water content of China in 2002 (unit: 10⁸t)

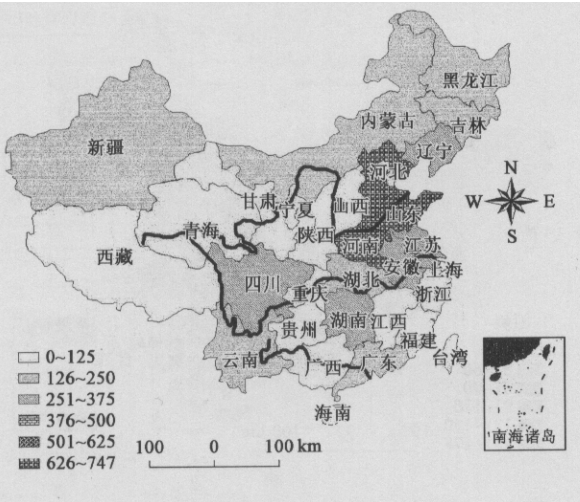


图 8 2002 年中国畜产品虚拟水含量分布图(单位:10⁸t)

Fig. 8 The distribution map of livestock products virtual water content of China in 2002 (unit: 10⁸t)

另外, 由表2可知, 目前我国人均畜产品虚拟水

表 2 中国各省市人均畜产品虚拟水含量及人均水资源量对比

Table 2 The comparison between virtual water content and water resources per people in every province of China

省级行政区	畜产品虚拟水 含量 × 10 ⁸ /m ³	畜产品虚拟水 含量排序	人均畜产品虚拟 水含量 × 10 ⁸ /m ³	人均畜产品虚拟 水含量排序	水资源总量 × 10 ⁸ /m ³	水资源总 量排序	人均水资源 量 ¹⁾ /m ³	人均水资源 量排序
北京	63.28	25	444.69	14	16.99	29	119	29
天津	55.65	26	552.63	12	3.67	31	36	31
河北	678.93	2	1 008.06	2	86.14	27	128	28
山西	93.28	23	283.18	23	78.73	27	239	26
内蒙古	193.10	12	811.69	5	314.89	21	1 324	18
辽宁	285.31	7	678.82	9	148.26	25	353	23
吉林	210.47	11	779.81	6	368.69	18	1 366	17
黑龙江	227.97	9	597.88	10	632.62	14	1 659	16
上海	39.17	27	241.05	28	46.07	28	284	25
江苏	324.14	5	439.15	15	268.02	22	363	22
浙江	100.13	20	215.47	29	1 230.48	8	2 648	11
安徽	286.64	6	452.26	13	824.68	13	1 301	19
福建	93.35	22	269.33	25	1 201.43	9	3 466	9
江西	111.57	17	264.26	26	1 983.26	6	4 697	6
山东	746.56	1	822.02	4	98.11	26	108	30
河南	669.67	3	696.63	8	319.99	20	333	24
湖北	226.87	10	378.87	19	1 155.46	10	1 930	14
湖南	265.60	8	400.66	17	2 566.63	2	3 872	8
广东	156.72	14	199.41	31	1 884.63	7	2 398	12
广西	122.65	16	254.36	27	2 372.59	3	4 920	5
海南	21.86	31	272.23	24	333.12	19	4 148	7
重庆	94.14	21	302.99	21	545.48	16	1 757	15
四川	372.65	4	429.67	16	2 066.16	5	2 382	13
贵州	77.62	24	202.29	30	1 117.57	11	2 913	10
云南	134.72	15	310.92	20	2 308.87	4	5 329	4
西藏	36.46	29	1 365.54	1	4 243.49	1	158 932	1
陕西	107.78	18	293.36	22	255.43	23	695	20
甘肃	101.76	19	392.44	18	150.32	24	580	21
青海	37.77	28	713.99	7	558.23	15	10 553	2
宁夏	32.66	30	570.98	11	12.76	30	223	27
新疆	180.66	13	948.35	3	1 068.2	12	5 607	3

1) 人均水资源量按 2002 年水资源总量除以 2002 年人口计算; 上海未计算浅层地下水资源量; 台湾省资料暂缺

含量大于人均水资源量的省市为北京、天津、河北、内蒙古、辽宁、吉林、山东、河南及宁夏, 基本分布于我国的华北和东北地区. 上述各地区的水资源总量

均排在全国 18 位以后, 属于严重缺水的地区, 如河北和山东, 人均畜产品虚拟水含量分别位于全国的第 2 和第 4 位. 因此, 这些地区畜产品的快速发展会

给当地日益紧缺的水资源带来更大的压力。

相反,浙江、福建、江西、湖南、广东、广西、海南、贵州、云南及青海的人均畜产品虚拟水含量小于当地的人均水资源量,这些省市基本分布于我国的华东、华南及西南地区。这些地区的水资源总量除海南和青海外,基本位于全国的前 10 位,属于水资源较丰富的地区。而其人均畜产品虚拟水含量基本位于 20 位以后,因此,从水资源利用的角度来看,上述地区可以适度扩大畜产品的发展规模。

5 讨论

我国畜产品虚拟水总量分布不均,畜产品虚拟水总量较大的省市分布在山东、河北、河南、东北 3 省、新疆、湖南、湖北及四川,而我国的南部、西藏、甘肃、青海及宁夏地区畜产品虚拟水总量相对较小。以华北地区为例,水资源总量只占全国的 6%,人均水资源比例大大低于全国的平均水平,而畜产品虚拟水在此地区含量又比较高,这在一定程度上会给缺水的华北地区带来更大的压力。

今后 20a 中国年水资源总量将基本维持在 $5\,600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。而我国畜产品虚拟水总量将继续呈现持续增长趋势,这必将消耗大量的水资源,加重我国部分地区的水资源危机。我国的华北和西北地区缺水比较严重,除猪肉外,牛肉、羊肉、禽肉、禽蛋和牛奶在这 2 个地区虚拟水含量均较大,部分省市可适当调整当地的畜产品的生产,并通过与其它水资源丰富且畜产品发达的省市进行畜产品贸易,这将从一定程度上缓解当地水资源的压力。

6 结论

(1) 我国畜产品虚拟水含量呈现逐年增长的趋势,尤以禽蛋和猪肉为甚,并且在可以预见的未来继续呈快速增长势头。

(2) 我国北部、东部羊肉和禽蛋虚拟水含量相对比较大,而东南沿海相对较少;东部沿海及南方地区猪肉虚拟水含量比较大,而西部地区相对较少;牛肉虚拟水含量在我国的分布相对比较均匀,东南沿海较少;我国的西北、东北及东部沿海禽蛋虚拟水含量较大,而西藏及西南相对较少;西部、东北及华北牛奶虚拟水含量较高,而南部相对较少。

(3) 目前我国人均畜产品虚拟水含量大于人均水资源量的省市为北京、天津、河北、内蒙古、辽宁、吉林、山东、河南及宁夏,而这些省市属于严重缺水

的地区,所以上述这些地区畜牧业的发展会给当地水资源带来更大的压力。

参考文献:

- [1] Allan J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible [A]. In: Priorities for water resources allocation and management [C]. London: ODA, 1993, 13~ 26.
- [2] Allan J A. Overall perspectives on countries and regions [A]. In: Rogers P, Lydon P. Water in the Arab World: perspectives and prognoses [C]. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1994. 65~ 100.
- [3] Allan J A. Global soil water: A long term solution for water-short Middle Eastern Economies [A]. In: Proceeding of water workshop: Averting a water crisis in the Middle East — make water a medium of cooperation rather than conflict, Green Cross International [C]. Geneva: Mar, 1998.
- [4] Allan J A. Water stress and global mitigation: water food and trade [M]. Arilands newsletter, 1999.
- [5] Hoekstra A Y. Perspectives on Water: An integrated model-based exploration of the future [M]. The Netherlands: International Books, Utrecht, 1998.
- [6] 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.
- [7] El Fadel M Maroun R. The concept of 'virtual water' and its applicability in Lebanon [A]. In: Hoekstra A Y. Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade [C]. Research Report Series No. 12. IHE Delft, The Netherlands, 2003.
- [8] Dennis Wichelns. The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages [J]. Agricultural Water Management, 2004: 49~ 63.
- [9] Hoekstra A Y. Virtual water: an introduction [A]. In: Hoekstra A Y. Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade [C]. Research Report Series No. 12. IHE Delft, The Netherlands, 2003.
- [10] Zimmer D, Renault D. Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results [A]. In: Hoekstra A Y. Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade [C]. Research Report Series No. 12. IHE Delft, The Netherlands, 2003.
- [11] Chapagain A K, Hoekstra A Y. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products [A]. Value of Water Research Report Series No. 13. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2003.
- [12] 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.
- [13] 张敦强. 虚拟水: 缓解我国水短缺的新途径 [J]. 中国水利, 2004, 8: 24~ 26.