

中国“农业北水南调虚拟工程”现状及思考

吴普特, 赵西宁, 操信春, 郝仕龙

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院 中国科学院水利部水土保持研究所 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 杨凌 712100)

摘要: 基于中国南北方粮食调动的变化分析, 结合农业水足迹与虚拟水理论, 提出中国在实施南水北调实体工程建设的同时, 自 1990 年已经形成并运行着一个“农业北水南调虚拟工程”。计算结果表明, 该工程在 1990—2008 年期间年均调运虚拟水量已超过 200 亿 m^3 , 远大于南水北调实体工程目前的调水规模; 北水南调虚拟工程调水量总体上呈增加趋势, 依靠现有南水北调实体工程难以支撑中国北方粮食生产, 解决这一问题的唯一出路只能是依靠科学技术, 大力发展现代节水农业, 提高粮食生产的综合用水效率。考虑到中国南北方经济状况的现实差距, 以及“农业北水南调虚拟工程”的长期运行, 建议国家实施区域虚拟水贸易战略, 同时, 加强区域农业水足迹演变与控制研究, 制定区域农业水足迹相关技术标准, 为实施区域虚拟水贸易战略提供科学依据与政策支持。

关键词: 粮食, 生产, 农业, 水足迹, 北水南调虚拟工程, 虚拟水贸易

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.06.001

中图分类号: S-01

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-06-0001-06

吴普特, 赵西宁, 操信春, 等. 中国“农业北水南调虚拟工程”现状及思考[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 1-6.

Wu Pute, Zhao Xining, Cao Xinchun, et al. Status and thoughts of Chinese “agricultural north-to-south water diversion virtual engineering”[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6): 1-6. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国不仅是世界上人口最多、粮食消耗量最大的国家, 又是世界上人均水资源占有量最贫乏的国家之一, 其人均水资源占有量仅为世界平均水平的 1/4。同时, 水、土资源区域分布极为不均, 素有“地在北方, 水在南方”之称。占国土面积 65%、人口 40% 和耕地 51% 的长江、淮河以北地区(称为北方地区)拥有的水资源量仅占全国的 20%^[1-3]。区域水、土资源不均衡及水资源短缺已经成为制约国家粮食安全的瓶颈因素。中国南方素有“鱼米之乡”称谓, 历史上北方粮食欠缺, 由南方调运供给, 形成了“南粮北运”格局, 但自 20 世纪 90 年代以来, 这种历史格局发生了重大改变。南方地区由原来粮食净调出转变为净调入区域; 而北方地区由粮食生产净调入转变为净调出区域, 形成了“北粮南运”新格局。这种南、北方区域粮食调运格局的改变, 无疑对区域水资源调运与分配产生了新的影响。粮食生产需要消耗大量的水资源, 区域间粮食调运相当于区域间虚拟水的转移, “北粮南运”相当于由水资源贫乏区域向水资源相对富裕区域调水。这种格局涉及到的相当调水量到底有多少? 对北方粮食生产用水产生影响有多大? 以及如何应对这一新格局? 已经成为我们需要深入思考的重大战略问题。

收稿日期: 2010-05-09 修订日期: 2010-05-20

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA100217); 国家科技支撑计划项目(2007BAD88B10)

作者简介: 吴普特(1963—), 男, 陕西武功人, 博士, 博士生导师, 中国农业工程学会会员(E041200091S), 主要从事水土保持与节水农业方面的研究。杨凌 中国科学院水利部水土保持研究所 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 712100。Email: Gjzwpt@vip.sina.com

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

本文应用数据主要包括 1949—2007 年中国各省人口、粮食总产量统计数据, 数据来源于中国统计年鉴^[4]以及中华人民共和国国家统计局网络数据库^[5], 2008 年数据来自各省 2008 年国民经济和社会发展统计公报, 部分数据通过相关科研成果和参与式农户调查方法方式获得。中国北方地区包括北京、天津、内蒙、新疆、河北、甘肃、宁夏、山西、陕西、青海、山东、河南、辽宁、吉林及黑龙江 15 个省、市、自治区; 南方地区包括江苏、浙江、安徽、上海、湖北、湖南、四川、重庆、贵州、云南、广西、江西、福建、广东、海南及西藏 16 个省、市、自治区; 该划分尚未考虑香港、澳门特别行政区及台湾省(见图 1)。



图 1 中国南北方分区图

Fig.1 Subarea of southern and northern China

1.2 分析方法

根据文献资料,中国粮食自给率基本保持在95%以上,有5%粮食净进口^[6-7]。在1996年以前,进口粮食主要以小麦、大麦、大米为主,其中小麦所占比例最大,达到70%以上;在1997年以后,虽然粮食进口量变化幅度不大,但进口结构发生了明显变化,进口小麦所占比例已经由70%降到10%左右,大豆成为最重要进口作物,比例占到80%以上^[8-9]。基于上述分析可看出,国际净进口粮食在中国粮食总需求中所占比例和作用相对较小,主要口粮大米、小麦国内已经基本自给。因此,在对南北方粮食调控情况进行分析时,尚未考虑国际粮食净进口这一因素。

中国地域辽阔,南北方粮食消费水平肯定有所不同,即就是各个省份,甚至同一省份的不同地区之间,由于生活习惯差异,消费方式也不同,因此将不同的消费水平差异比较出来,难度较大。为分析方便,本文假定南北方粮食消费水平相同,取全国统一平均值。

基于上述分析提出北方向南方年粮食调运量计算方法,如式(1)所示。

$$I_N = T_N - P_N \times \frac{T_C}{P_C} \quad (1)$$

式中: I_N ——北方调入南方的粮食量,万t,若 $I_N < 0$,则表示“南粮北运”; P_C 、 P_N ——分别表示全国、北方地区的人口数量,万人; T_C 、 T_N ——分别表示全国、北方地区的粮食总产量,万t。

在上述分析基础上,提出南、北方地区通过粮食贸易所产生的虚拟水资源调动量计算方法,如式(2)所示。

$$W_{N-S} = \frac{I_N}{10 \times WUE_N} \quad (2)$$

式中: W_{N-S} ——以北方调入南方的粮食量计算的中国“农业北水南调虚拟水”的调水量,亿 m^3 ; WUE_N ——北方地区平均粮食水分生产效率,kg/ m^3 。

人口流动不可避免会对不同地区粮食消费总量具有一定影响。根据有关资料,中国人口流动在2000年达到峰值,为14 439万,之后呈平稳变化态势,南北方人口净流动量相对较小,2000年人口流动总体表现为南方流向北方,净流动量为158.11万人,仅占全国人口总量的0.126%^[10]。实际上,南方流向北方的158.11万人消耗的粮食,亦相当于北方调入南方的粮食量。

2 结果与分析

2.1 南、北方地区粮食生产及调动情况分析

图2为中国南方地区和北方地区1949—2008年历年粮食总产量;图3为中国南方地区和北方地区1949—2008年人均粮食占有量。

从图2中可以看出,除1959—1961年和1999—2003年2个时间阶段以外,中国南北方历年粮食总产量基本呈现相似的总体增长态势。产生上述现象原因主要在于,1959—1961年由于气象干旱灾害和部分人为因素导致中国南方地区和北方地区粮食总产量有所下降;而粮食政

策是导致1999—2003年粮食产量波动的主要原因之一,长期严重扭曲的粮价政策加剧了粮食产量波动,扣除投入成本后,粮食价格不能保证农民劳动投入与从事非农业获得同等报酬,导致农民种粮积极性下降。2003年以后国家出台了一系列惠农政策提高了农民种粮积极性,从而使2003年至今中国粮食产量呈现稳步增长趋势。从粮食总产量来分析,从1949—2004年,南方地区粮食总产量大于北方地区,进入20世纪90年代以后,北方与南方粮食生产总量的差距逐步缩小。2005年北方粮食总产量达到2.45亿t,已经超过南方粮食总产量的2.39亿t,且近4年北方粮食总产量均大于南方。

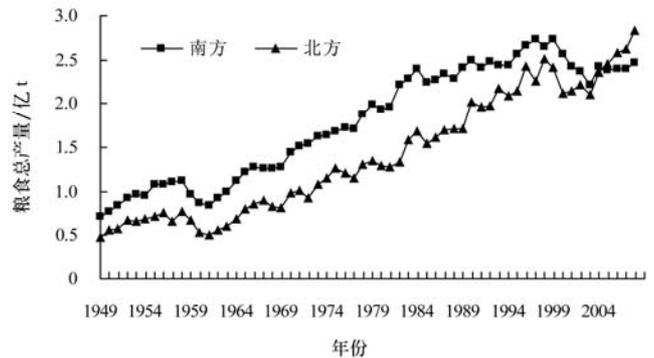


图2 中国南方地区和北方地区历年粮食总产量分布状况
Fig.2 Grain production distribution of southern China and northern China

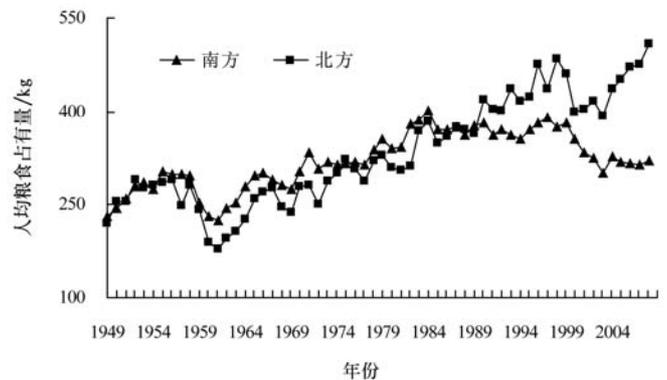


图3 中国南方地区和北方地区历年人均粮食占有量分布状况
Fig.3 Per capita grain possession distribution of southern China and northern China

从图3中可以看出,中国南、北方地区粮食总产量和人均粮食占有量具有相同的变化趋势,但其南方地区人均粮食占有量增长幅度明显减弱,甚至出现不同程度下降趋势,这与南方地区近年来工业经济发展迅速,导致种粮面积下降等因素密切相关。1949—1990年,南方地区人均粮食占有量总体大于北方地区,但1990年以后情况发生了极大变化。1990年以后,北方地区人均粮食占有量超过南方地区,而且差距呈明显加大态势,2008年达到186.89 kg的最大值。1990年以后,北方地区人均粮食占有量平均比南方地区人均粮食占有量多87.86 kg。

人均粮食占有量的变化在一定程度上导致了中国南、北方地区粮食进出口地位的改变^[6,11](图4)。即1949

—1989年可称之为中国的“南粮北运”阶段,这期间南方地区平均每年向北方地区调入458.70万t粮食才能保证南、北方人均粮食占有量相同;1990—2008年为“北粮南运”阶段,这期间从北方地区调入南方地区的粮食总量年平均为2689.01万t^[12],约占北方地区历年粮食产量均值的12.00%。说明中国北方地区在水资源量远远小于南方地区的情况下,不仅要满足本地区的粮食需求,同时也承担着南方地区部分的粮食需求。

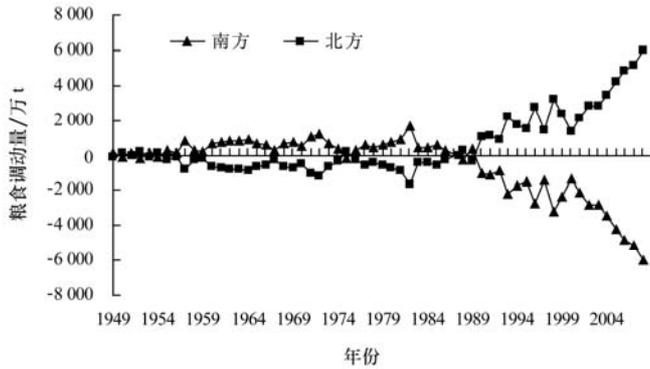


图4 中国南方地区和北方地区粮食调动情况

Fig.4 Grain transfer of southern and northern China

2.2 “农业北水南调虚拟工程”年调水量分析

虚拟水定义最早是由英国伦敦大学 Tony Allan 教授在1996年提出^[13-14],其可以定义为生产商品或服务所需要的水资源量。虚拟水也被称为“嵌入水”和“外生水”^[15-16],它不是真实意义上的水,而是以“虚拟”的形式包含在产品中的“看不见”的水。虚拟水战略^[17]是指贫水国(地区)以贸易的方式从富水国(地区)购买水资源密集型产品,实现区域产品保证与水安全。在虚拟水的基础上,荷兰学者 Hoekstra 于2002年提出水足迹的概念^[18],即任何已知人口(一个人、一个地区或一个国家)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。对于一定区域,水足迹可分为外部水足迹和内部水足迹,因消费非本地水资源生产的产品而产生的水足迹称为外部水足迹^[18]。水足迹与虚拟水作为分析和研究区域粮食安全和水安全问题的新思路也已得到国内学者的重视和关注。程国栋院士^[19]将虚拟水称作水安全战略的新思路,并建议加强虚拟水理论和虚拟水战略的研究。龙爱华等人^[20]计算了新疆、青海、甘肃、陕西西北四省区的水资源足迹和虚拟水贸易量;马静等^[9]分析了虚拟水贸易对于保障中国粮食安全的作用,提出了在保持较高自给水平的前提下,中国虚拟水贸易的格局不会发生重大变化,外流域调水工程是保障国家粮食安全,维护社会稳定,促进可持续发展的重大举措;马涛等人^[8]提出了中国通过虚拟水贸易不能完全解决国内水危机问题,但是可以节省国内水资源,缓解农业区的水危机状况;柯兵等^[21]根据中国粮食进口变动趋势和国内外粮食生产条件估算了2010年和2020年中国进口的虚拟水量,提出通过进口虚拟水解决中国的农业和粮食问题的建议,从而实现水资源的可持续利用。上述众多工作无疑

为国内水足迹和虚拟水的进一步研究与应用及其实践提供了重要案例。

农业水足迹的概念可以表述为:一定已知人口(一个人、一个地区、或一个国家)所消费的所有初级农产品所需要的水资源数量。农业水足迹以固定区域和人口出发,以人对初级农产品消费行为为媒介,描述该区域人口对水资源的真实占有。初级农产品凝结的虚拟水是生产该农产品所需的水资源量,生产产品所需的虚拟水和消费过程中利用的实体水是水足迹的表现形式。由于对初级农产品消费过程中消耗的水资源量与生产过程相比可以忽略不计,所以在计算上可认为一定人口的农业水足迹等于生产该人口所消费的以初级农产品所凝结的虚拟水量。与农业水足迹不同,虚拟水只是针对产品而言,可以通过农产品的进出口而产生运移。不同区域产业结构不同会造成农产品特别是粮食生产存在富余或不足,粮食生产不足区域会通过进口粮食而进口大量虚拟水,得到相当数量的外部水足迹,粮食出口区也成为虚拟水输出区。

基于农业水足迹和虚拟水贸易的理论,结合上述分析可以看出,在中国南方地区和北方地区粮食调动过程中不可避免地产生了大量虚拟水运移。在1990年以后,水资源相对贫乏的北方地区成为农业水足迹和虚拟水的输出地,而水资源相对丰富的南方地区通过调入粮食的形式每年消费大量的外部农业水足迹,即就是从北方地区进口大量的虚拟水。与“北粮南运”时间同步,中国“农业北水南调虚拟工程”开始于1990年,且已经持续至今。根据相关研究结果^[22]计算出中国北方地区多年平均粮食水分生产效率(WUE_N)为 1.1150 kg/m^3 ,利用公式(1)和(2),可得到1990—2008年间历年“农业北水南调虚拟工程”的调水量(见表1)。根据表1将1990—2008年历年北方地区虚拟水调出量点绘成图5。从表1和图5可以看出,在1990—2008年间,中国“北水南调虚拟工程”虚拟水调出量呈现持续增加态势,年平均增幅为 19.94 亿 m^3 ,平均调出水量约为 233.83 亿 m^3 ,2001—2008年基本上呈直线上升趋势,年平均增幅为 47.89 亿 m^3 ,2008年达到1990年以来的最大值 523.50 亿 m^3 。

表1 中国“农业北水南调虚拟工程”运行现状

Table 1 Operation situation of Chinese “agricultural North-to-South water diversion virtual engineering”

年份	北方调出粮食/ 10^4 t	虚拟调水量/ 亿 m^3	年份	北方调出粮食/ 10^4 t	虚拟调水量/ 亿 m^3
1990	1 017.81	88.51	2000	1 377.67	119.80
1991	1 128.52	98.13	2001	2 159.66	187.80
1992	882.52	76.74	2002	2 814.28	244.72
1993	2 168.47	188.56	2003	2 817.37	244.99
1994	1 742.60	151.53	2004	3 424.93	297.82
1995	1 532.58	133.27	2005	4 206.90	365.82
1996	2 744.39	238.64	2006	4 864.52	423.00
1997	1 410.84	122.68	2007	5 154.98	448.26
1998	3 244.39	282.12	2008	6 020.30	523.50
1999	2 378.41	206.82	均值	2 689.01	233.83

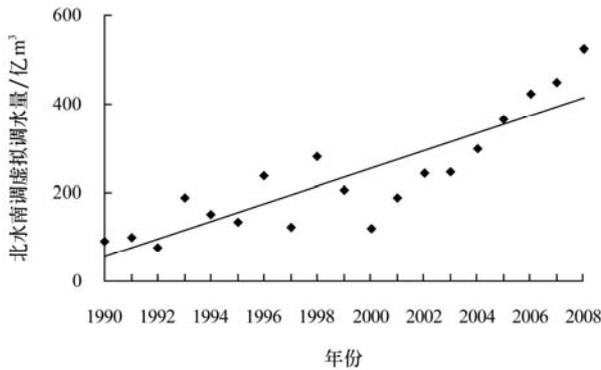


图5 1990-2008年“农业北水南调虚拟工程”调水量及趋势
Fig.5 Transfer water amount and tendency of “agricultural North-to-South water diversion virtual engineering” from 1990 to 2008

2.3 “农业北水南调虚拟工程”运行思考

从1990年以来,中国已经客观存在一个“北水南调虚拟工程”,该工程的运行使本已水资源相对短缺的北方地区,水资源压力进一步增大,而且随着北方调向南方调入虚拟水数量的持续增加,其水资源矛盾将会更加突出,如何解决这一矛盾已成为我们必须关注的重要科学问题。为了缓解北方地区日益紧张的水资源压力,中国从2002年开始实施南水北调工程。规划的南水北调工程^[23]到2050年调水总规模为448亿 m^3 ,其中东线148亿 m^3 ,中线130亿 m^3 ,西线170亿 m^3 。东线工程按40%提供工业和城镇用水,60%为农业及生态用水,中线工程调水量中的这2个比例分别为65%和35%,东线、中线工程能调给农业及生态环境用水量分别约为90亿 m^3 和50亿 m^3 ;西线工程调水量将供工业、城镇与农林牧业及生态环境各50%,故农林牧业及生态环境调用水量约为85亿 m^3 。可计算出在不考虑输水过程损失前提下,南水北调工程建成后用于农业及生态的用水量约为225亿 m^3 。从目前南水北调工程运行情况来看,每年中国南方地区向北方地区调入水量约为170亿 m^3 ^[24],其中农业生产用水还不到50亿 m^3 ,远远小于已经存在的“农业北水南调虚拟工程”调水量。根据中国政府颁布的《国家粮食安全中长期规划纲要(2008-2020年)》,至2020年,中国将新增500亿kg粮食生产能力,其中北方地区承担任务约为总量的65%^[25],如果任务按期实现,这必将导致“农业北水南调虚拟工程”的调水量剧增,给水资源占全国总量不到20%的北方地区的水资源合理利用增加更大的压力。因此为了从根本上解决这一矛盾,建议国家在实施南水北调工程的同时,更要加强节水农业技术研究,并在政策层面实施虚拟水贸易战略,探讨区域农业水足迹的演变与相应控制标准,为实施虚拟水贸易提供科学依据。

3 结论与讨论

1) 中国自1990年以来已经存在一个“北水南调虚拟工程”。自20世纪90年代以来,北方地区调入南方地区的粮食总量年平均超过2600万t,占北方地区粮食

产量的12%;北方地区向南方地区调入虚拟水量年平均为233.83亿 m^3 ,远远超过目前已经运行的南水北调工程50亿 m^3 的农业用水量。

2) “北水南调虚拟工程”调出的虚拟水量继续呈增加态势,年平均增幅达到24亿 m^3 以上。依靠现有南水北调实体工程难以支撑中国北方粮食生产,解决这一问题的唯一出路只能是依靠科学技术,大力发展现代节水农业,提高北方地区粮食生产的综合用水效率。

3) 考虑到中国南北方经济状况的现实差距,以及“农业北水南调虚拟工程”的长期运行,建议国家实施区域虚拟水贸易战略。同时,加强区域农业水足迹演变与控制研究,制定区域农业水足迹相关技术标准,为实施区域虚拟水贸易战略提供科学依据与政策支撑。

[参考文献]

- [1] 张利平,夏军,胡志芳. 中国水资源状况与水资源安全问题分析[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(2): 116-120. Zhang Liping, Xia Jun, Hu Zhifang. Situation and problem analysis of water resource security in China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009, 18(2): 116-120. (in Chinese with English abstract)
- [2] 贾绍凤,何希吾,夏军. 中国水资源安全问题及对策[J]. 中国科学院院刊, 2004, 19(5): 347-351. Jia Shaofeng, He Xiwu, Xia Jun. Problems and countermeasures of water resource security of China[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences: CAS Bulletin, 2004, 19(5): 347-351. (in Chinese with English abstract)
- [3] 苏征耀. 我国水资源形势及其应对策略[J]. 水资源研究, 2007, 28(1): 11-13. Su Zhengyao. Water resources situation and strategies of China[J]. Water Resources Research, 2007, 28(1): 11-13. (in Chinese with English abstract)
- [4] 国家统计局国民经济综合统计司. 新中国五十五年统计资料汇编[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005: 1-1145.
- [5] 中华人民共和国国家统计局网站[EB/OL]. <http://www.stats.gov.cn>.
- [6] 汪德平. 浅谈中国粮食流动格局的新变化[J]. 粮油市场, 2004, (3): 28-31. Wang Deping. Brief view of new changes of grain flow pattern in China[J]. Market of Grain and Oil, 2004, (3): 28-31. (in Chinese with English abstract)
- [7] 龚宇,王璞,王聪玲. 中国粮食贸易中的虚拟水量与贡献分析[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2007, (5): 38-43. Gong Yu, Wang Pu, Wang Congling. Analysis on quantity and contribution of virtual water in China's grain trade[J]. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2007, (5): 38-43. (in Chinese with English abstract)
- [8] 马涛,陈家宽. 虚拟水贸易在解决中国和全球水危机中的作用[J]. 生态经济, 2006, (11): 22-26. Ma Tao, Chen Jiakuan. The role of virtual water trade in efforts to resolve China and global water crisis[J]. Ecological Economy, 2006, (11): 22-26. (in Chinese with English abstract)
- [9] 马静,汪党献,Hoekstra A Y,等. 虚拟水贸易在我国粮

- 食安全问题中的应用[J]. 水科学进展, 2006, 17(1): 102—107.
- Ma Jing, Wang Dangxian, Hoekstra A Y, et al. Application of the virtual water trade to China's grain security[J]. *Advances in Water Science*, 2006, 17(1): 102—107. (in Chinese with English abstract)
- [10] 陆大道, 樊杰. 2050: 中国的区域发展[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 143—144.
- [11] 马静, 汪党献, Hoekstra A Y. 虚拟水贸易与跨流域调水[J]. 中国水利, 2004, (13): 37—39.
Ma Jing, Wang Dangxian, Hoekstra A Y. Virtual water trade and diversion water[J]. *China Water Resources*, 2004, (13): 37—39. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王明洁. 调整南北粮食生产格局, 确保我国粮食安全[J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2001, 1(2): 45—49.
Wang Mingjie. Restructuring grain production in southern and northern regions to ensure grain safety[J]. *Journal of Northwest Tsci-tech University of Agriculture and Forestry: Social and Science Edition*, 2001, 1(2): 45—49. (in Chinese with English abstract)
- [13] Allan J A, Rogers P, Lydon P. Overall perspectives on countries and regions[C]//*Water in the Arab World: Perspectives and Prognoses*. Massachusetts: Harvard University. Press, 1994: 65—100.
- [14] Allan 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: Overseas Development Administration, 1993: 13—26.
- [15] Hoekstra A Y, Hung P Q. Globalisation of water resources : international virtual water flows in relation to crop trade[J]. *Global Environmental Change*, 2005, (15): 45—56.
- [16] Hoekstra A Y. Virtual water trade : an introduction[C]//In: Hoekstra A Y, eds. *Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series*. Delft : International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, 2003: 13—23.
- [17] 杨振, 牛叔文, 焦继荣, 等. 虚拟水战略与民勤绿洲可持续发展问题研究[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2005, 41(5): 10—13.
Yang Zhen, Niu Shuwen, Jiao Jirong, et al. Studies on virtual water strategy and sustainable development of Minqin Oasis[J]. *Journal of Lanzhou University: Natural Science*, 2005, 41(5): 10—13. (in Chinese with English abstract)
- [18] 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.
Long Aihua, Xu Zhongmin, Zhang Zhiqiang, et al. Primary estimation of water footprint of Gansu Province in 2000[J]. *Resources Science*, 2005, 27(3) :123—129. (in Chinese with English abstract)
- [19] 陈国栋. 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.
Cheng Guodong. Virtual water—A strategic instrument to achieve water security[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences: CAS Bulletin*, 2003, 18(4): 260—265. (in Chinese with English abstract)
- [20] 龙爱华, 徐中民, 张志强. 西北四省(区)2000年的水资源足迹[J]. 冰川冻土, 2003, 25(6): 692—700.
Long Aihua, Xu Zhongmin, Zhang Zhiqiang. Estimate and analysis of water footprint in Northwest China, 2000[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, 25(6): 692—700. (in Chinese with English abstract)
- [21] 柯兵, 柳文华, 段光明, 等. 虚拟水在解决农业生产和粮食安全问题中的作用研究[J]. 环境科学, 2004, 25(2): 32—36.
Ke Bing, Liu Wenhua, Duan Guangming, et al. A virtual water analysis for agricultural production and food security[J]. *Environmental Science*, 2004, 25(2): 32—36. (in Chinese with English abstract)
- [22] 王建生, 徐子恺, 姚建文. 单位水量粮食生产能力分析[J]. 水科学进展, 1999, 10(4): 429—434.
Wang Jiansheng, Xu Zikai, Yao Jianwen. Analysis of food throughput per unit water use[J]. *Advance in Water Science*, 1999, 10(4): 429—434. (in Chinese with English abstract)
- [23] 盛海洋. 我国南水北调工程规划综述[J]. 水利电力科技, 2003, 29(2): 15—22.
Sheng Haiyang. Review of south-to-north water transfer project planning of China[J]. *Hydraulic Power Technology*, 2003, 29(2): 15—22. (in Chinese with English abstract)
- [24] 中国南水北调网站[EB/OL]. <http://www.nsb.gov.cn>.
- [25] 中华人民共和国中央人民政府网站[EB/OL]. <http://www.gov.cn>.

Status and thoughts of Chinese “agricultural north-to-south water diversion virtual engineering”

Wu Pute, Zhao Xining, Cao Xinchun, Hao Shilong

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling 712100, China)

Abstract: Based on the variable analysis of Chinese north and south grain transfer and combined agricultural water

footprint theory, this paper puts forward that at the same time of implementing South-to-North water diversion entity engineering construction, the “agricultural North-to-South water diversion virtual engineering” has been formed and carried out since 1990. The calculating results showed that: this engineering has transferred over 20 billion cubic meters virtual water from 1990 to 2008, which was much more than transfer scale of South-to-North water diversion entity engineering. The water transfer amount of North-to-South water diversion virtual engineering showed an overall increasing tendency, it was hard to support food production in northern China only by South-to-North water diversion entity engineering, so it became a only solution for this problem to vigorously develop modern water-saving agriculture and improve the comprehensive water efficiency of food production by using technology. Considering the realistic gap of economic condition between south and north China and the extended service of South-to-North agriculture water diversion, researchers suggested that, implementing regional virtual water trade strategy, at the same time, reinforcing the research of the evolution and management of regional agricultural water footprint, making relevant technical standards of regional agricultural water footprint. It will provide scientific basis and policy support for implementation of the regional virtual water trade.

Key words: grain, production, agriculture, water footprint, North-to-South water diversion virtual engineering, virtual water trade