

中国“三农”问题前沿丛书



渭河流域粮食作物 虚拟水贸易

基于非市场价值的视角

史恒通 赵敏娟 著

VIRTUAL WATER TRADE OF CROPS
IN THE WEI RIVER BASIN
Based on the View of Non-market Value



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

中国“三农”问题前沿丛书

渭河流域粮食作物 虚拟水贸易

基于非市场价值的视角

VIRTUAL WATER TRADE OF CROPS

IN THE WEI RIVER BASIN

Based on the View of Non-market Value

史恒通 赵敏娟 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

渭河流域粮食作物虚拟水贸易：基于非市场价值的
视角 / 史恒通, 赵敏娟著. -- 北京：社会科学文献出
版社, 2017. 11

(中国“三农”问题前沿丛书)

ISBN 978 - 7 - 5201 - 1653 - 4

I. ①渭… II. ①史… ②赵… III. ①渭河 - 流域 -
水资源 - 资源经济学 - 研究 IV. ①F426.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 260933 号

中国“三农”问题前沿丛书 渭河流域粮食作物虚拟水贸易 ——基于非市场价值的视角

著 者 / 史恒通 赵敏娟

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 任晓霞

责任编辑 / 任晓霞 陈 荣

出 版 / 社会科学文献出版社·社会学编辑部 (010) 59367159

地址：北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编：100029

网址：www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367018

印 装 / 三河市尚艺印装有限公司

规 格 / 开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：11.25 字 数：140 千字

版 次 / 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5201 - 1653 - 4

定 价 / 59.00 元

本书如有印装质量问题，请与读者服务中心 (010 - 59367028) 联系

 版权所有 翻印必究

目 录

CONTENTS

第一章 导论	001
一 研究背景	001
二 研究目的和意义	006
三 国内外研究动态述评	008
四 研究内容	016
五 技术路线与研究方法	017
六 本书创新之处	020
第二章 相关研究理论基础	024
一 相关概念界定及内涵	024
二 纳入非市场价值的虚拟水贸易理论	031
三 本章小结	042
第三章 纳入非市场价值的虚拟水贸易理论框架构建	043
一 问题的提出	043
二 基于比较优势的虚拟水贸易足迹测算	044
三 纳入非市场价值的虚拟水贸易足迹框架	050

四	本章小结	054
第四章	中国粮食生产水足迹现状	055
一	引言	055
二	粮食生产情况	056
三	粮食生产水足迹情况	063
四	区域粮食虚拟水流动情况	069
五	本章结论与讨论	072
第五章	渭河流域粮食作物虚拟水贸易及其市场价值 测算	074
一	引言	074
二	渭河流域粮食作物生产及消费情况分析	076
三	渭河流域虚拟水贸易足迹及其市场价值测算 分析	079
四	本章结论与讨论	086
第六章	渭河流域水资源非市场价值评估	088
一	引言	088
二	选择实验模型设计	090
三	实证结果分析	094
四	本章结论与讨论	104
第七章	渭河流域粮食作物虚拟水贸易足迹非市场价值影响 因素分析	108
一	引言	108
二	生态系统服务支付意愿影响因素分析	109

三	流域粮食作物虚拟水贸易足迹影响因素分析	116
四	本章小结	122
第八章	纳入非市场价值的粮食作物虚拟水贸易足迹响应	
	方案设计	124
一	引言	124
二	虚拟水贸易战略视角下流域水资源管理响应	
	方案	125
三	关于农业水价的讨论	130
四	本章小结	132
第九章	研究结论及政策建议	134
一	主要研究结论	134
二	政策建议	140
	参考文献	144
附 录		158

第一章 导 论

一 研究背景

水资源作为人类生存发展与生活活动的重要物质基础，对生产的发展和社会的进步起到了至关重要的作用，尤其是在我国的农业生产中发挥着不可替代的资源依赖作用。根据《中国环境统计年鉴》数据统计，2012 年我国农业用水量达到了 3902.5 亿立方米，占到全国用水总量的 63.65%，而生态环境补水用量仅为 108.3 亿立方米，占全国用水总量的 1.77%。在发展的过程中，一方面，人类对水资源数量和质量的要求越来越高，但自然界能够为人类提供的可利用的水资源是有限的；另一方面，水资源时空分布的不均匀性加剧了水资源供需矛盾的尖锐性。因此，世界上大部分国家和地区都面临着水资源应该如何优化配置和有效利用的难题，即通过对水资源的合理分配和利用，使其既能够满足社会和经济发展的需要，又能够满足生态环境对水资源的需求。

（一）粮食作物虚拟水贸易概况

已有研究中，为了解决水资源短缺和合理有效配置水资源

的问题，各国学者尝试着从不同的视角去寻求有效的解决途径。1993年，英国的Allan教授创新性地提出了“虚拟水”的概念，表征产品和服务在生产过程中消耗的水资源量，它以“无形”的形式寄存在商品或服务中。因此，虚拟水也被称作“嵌入水”或“外生水”。虚拟水贸易则是指贫水国家（地区）通过进口丰水国家（地区）的水密集型产品（如粮食作物）来保证本国（地区）水资源安全的一种商品战略。例如，1千克小麦的贸易相当于1—2吨虚拟水的贸易，1千克牛肉的贸易相当于背后的16吨虚拟水的贸易（Rinaudo et al., 1997）。虚拟水贸易概念的提出，为水资源匮乏的国家和地区提供了一个全新的视角来解决水资源短缺和有效配置的问题，也为后人在水资源管理和粮食安全之间的研究奠定了基础。随着环境问题和粮食安全问题的区域化、全球化的不断加深，贸易与环境已经成为一个新兴的交叉研究领域。研究粮食作物区域贸易与水资源配置问题，对于提升我国国内水资源配置效率具有重要价值。

粮食既是公众生活消费的必需品，又是一个国家经济发展和社会稳定的前提保证。国家统计局统计数据显示，2015年我国粮食总产量达到了62143.5万吨（12428.7亿斤），比2014年增加了1440.8万吨（288.2亿斤），增长了2.4%，我国粮食产量实现了“十二连增”。粮食产量持续地增加在一定程度上保证了我国的粮食自给率，但也在一定程度上付出了生态成本的代价。粮食生产是一个对农业自然资源高度依赖的过程，尤其是对水资源的依赖性较强，是其他资源无法替代的。因此，粮食作物的贸易也是水资源的贸易，是水资源在地区之间的流动。因此，不同的国家（地区）应该针对本地的水资源禀赋条件的不同，制定相应的粮食作物虚拟水贸易政策，以

在确保粮食安全的基础上,实现国家(地区)水资源的优化配置。

(二) 水资源非市场价值概述

从价值量的角度来考虑,水资源既是自然资源的综合体,也是人类社会、经济、文化的载体,在航运、饮用水供应、农业灌溉、渔业、生物多样性保护和户外休闲等方面具有巨大的潜力(姜鲁光等,2006)。生态系统服务是指人类直接或者间接地从生态系统的功能当中获得的各种收益(Costanza et al., 1997)。根据生态系统与生物多样性经济学(TEEB, 2010),可以将水生态系统服务分为以下四个方面的内容。

(1) 水生态系统产品服务。水生态系统能为人类提供生活和生产的原材料及能量,这包括提供生活的饮用水源和农业生产的水源、水中可供食用的鱼类等食物、具有药用价值的资源等。

(2) 水生态系统调节服务。水生态系统能够调节区域气候和空气质量、涵养水源、防止水土流失、控制极端灾害事件和疾病的发生等。

(3) 水生态系统支持服务。水生态系统能够为野生动植物提供生存的栖息地,并维持生态系统的生物多样性。

(4) 水生态系统文化服务。水生态系统能够为人类带来精神上的愉悦和心理的享受,这包括旅游和娱乐资源的开发以及人类对其精神上的体验和存在的满足感。

综合以上水生态系统服务的各个方面可以发现,水资源具有多重功能属性(自然属性、环境属性、生态属性、社会属性和经济属性)。其中,部分功能属性具有很强的外部性,在纯粹的市场作用力下,这些属性不能或者很难进入政策制定者的

视野,进而忽略水资源部分属性功能的分析,这必将扭曲水资源的真实价值,并可能严重误导政策的制定。因此,正确评估水资源及其生态系统服务的非市场价值,将其存在的正外部性内部化,探求水资源危机的成因及其应对策略,是水资源持续利用,以及社会、经济、生态可持续发展的关键。

以往有关粮食作物虚拟水贸易的研究只是运用各种方法对国家、省市、流域、企业等不同尺度的虚拟水贸易量进行测算,而忽略了虚拟水贸易的价值量的测算。尤其是虚拟水贸易的非市场价值测算,对水资源管理政策和粮食安全政策的制定和完善具有更进一步的指导和借鉴意义。虚拟水贸易市场价值和非市场价值的对比,理论上是对要素禀赋理论和比较优势理论的进一步解释和补充完善,实践中会使得国家或区域更合理地实现水资源在生产用水和生态用水之间的合理配置。

(三) 陕西省渭河流域概况

渭河,发源于甘肃省定西市鸟鼠山,横跨甘肃东部、宁夏中南部和陕西中部,在陕西省渭南市潼关县汇入黄河,全长 818 公里,流域总面积 13.47 万平方公里,是黄河最大的支流。渭河干流陕西省部分长 502.4 公里,流域面积 6.71 万平方公里,占黄河流域在陕西省内总面积的 50%。渭河干流经天水市流出甘肃省,与陕西省宝鸡相接,先后经宝鸡、咸阳、西安、铜川、渭南等地区,最后在潼关的港口汇入黄河。渭河流域地处干旱半干旱地区,具有典型的大陆性季风气候,冬季寒冷干燥多西北风,夏季炎热湿润多东南风。流域年内温差较大,冬夏极端气温相差较大;降水分布不均匀,冬季降水少,夏季降水多,且年际相差较大;年均气温和降水均呈现由东向西依次递减的趋势。流域内灾害性天气主要包括低温、霜冻、冰雹、

暴雨、洪水、干旱等,其中旱灾危害为甚。就地貌而言流域从北向南依次为黄土高原地区、关中盆地地区、秦岭北麓山地地区,相对应的植被分别是草原植被、温带暖温带落叶阔叶林地带、秦岭北麓山地植被,具有明显的垂直分布特征。

渭河流域自然地理条件优越,是我国传统农业生产区域,也是土地规划中“七区二十三带”划定的农业主产区之一(杨贵羽、王浩,2015)。陕西省渭河流域部分总土地面积 5558.7 千公顷,耕地面积 2062.3 千公顷,林地面积 1850.5 千公顷,牧草地面积 256.1 千公顷,园地面积 107.9 千公顷,居民生活作业占地 376.0 千公顷。2014 年,陕西省渭河流域农业增加值为 694.14 亿元,同比增长 5.1%,流域内农作物主要包括小麦、玉米等粮食作物和蔬菜、水果等经济作物。农作物总播种面积 2163.11 千公顷,其中粮食播种面积 1667.8 千公顷,总产量达到 735.40 万吨,单位面积产量为 4644 公斤/公顷。^①

从流域水资源情况来看,渭河中下游径流地域的变化趋势呈现为南部小北部大,渭河南岸秦岭山地年径流大且年际变化小,北岸黄土高原径流小且年际变化大。径流季节性变化明显,干流秋季占全年的 38%—40%,其次依次为夏季、春季、冬季。流域地处干旱半干旱地区,尤其随着经济的发展,对水资源的开发利用强度不断增大,渭河流域缺水情况比较严重(李泓辉,2008)。主要表现为:①自 1995 年以来,渭河整体水量持续减少,泥沙沉积严重,河床不断升高,下游地区部分河床高出地面,一方面导致径流减少,另一方面河床抵御洪水的能力下降,目前仅能抵御十年一遇的洪水;②工农业生产规模不断扩张,过量采集地下水,导致地下水位大幅下降,出现

① 数据来源于《陕西省统计年鉴》(2015),经作者整理所得。

地面沉降、土地裂缝等地质问题；③由于水资源供需冲突，用水高峰季节出现河道径流减小、井水水位骤降等现象，城乡居民生活和工业生产与农业生产争夺水资源，最终造成河道干枯，生态平衡破坏（王雁林等，2004）。

从以上关于流域的粮食生产情况和流域水资源情况来看，陕西省渭河流域的农业生产（尤其是粮食作物的生产）需要消耗大量的水资源，同时，流域面临严重的水资源短缺和水生态环境恶化问题。因此，如何高效地利用流域的水资源，并对流域水资源进行合理的配置成为陕西省渭河流域经济可持续发展和流域生态环境改善的关键。基于以上关于虚拟水贸易和水资源非市场价值的背景介绍，本书将水资源非市场价值理论和虚拟水贸易理论有机结合，以陕西省渭河流域粮食作物为例，在测算粮食作物虚拟水贸易足迹的基础上，进一步测算粮食作物虚拟水贸易足迹的市场价值和非市场价值，并研究粮食作物虚拟水贸易足迹非市场价值的影响因素。研究结果对流域水资源配置政策制定、粮食安全政策完善以及水资源价格修订具有理论价值和政策指导意义。

二 研究目的和意义

（一）研究目的

本研究以粮食作物虚拟水贸易为研究对象，在自然资源要素禀赋约束下，遵循比较优势理论，在测算渭河流域粮食作物虚拟水贸易足迹大小的基础上，探究粮食作物虚拟水贸易足迹的非市场价值，并实证研究粮食作物虚拟水贸易足迹非市场价值的影响因素。具体研究目的包括以下四方面。

(1) 将粮食作物虚拟水贸易的原理与要素禀赋理论以及比较优势理论相结合,分析流域粮食作物虚拟水贸易战略实施的理论依据,并将基于效用最大化的水资源价值评估理论与原有的粮食作物虚拟水贸易理论有机结合,建立纳入非市场价值的粮食作物虚拟水贸易足迹理论体系,为进一步展开相关的实证分析奠定基础。

(2) 将水资源非市场价值评估与虚拟水贸易理论相结合,在测算陕西省渭河流域粮食作物虚拟水贸易足迹大小的基础上,对水资源生态功能属性进行分析,建立价值评估指标体系,从社会、经济、生态等方面揭示水资源的非市场价值。进一步对比分析渭河流域粮食作物虚拟水贸易足迹的市场价值和非市场价值,为流域水资源优化配置和粮食安全政策制定提供依据。

(3) 在理论分析和文献回顾的基础上,从粮食作物虚拟水贸易足迹和水资源非市场价值两个方面实证研究粮食作物虚拟水贸易足迹非市场价值的影响因素,寻求影响流域粮食作物虚拟水贸易非市场价值的内在机理,为进一步优化流域虚拟水贸易政策和水资源配置政策提供实证依据。

(4) 根据实证分析的研究结果,以渭河流域水资源优化配置为目标,从粮食作物虚拟水贸易以及流域水资源非市场价值层面提出改进渭河流域水资源配置效率,提高流域水资源管理能力的对策建议。

(二) 研究意义

研究纳入非市场价值的粮食作物虚拟水贸易足迹问题具有以下几点重要的理论和现实意义。

(1) 在理论层面,通过粮食作物虚拟水贸易足迹的测算,

在理论上对要素禀赋理论和比较优势理论进行了检验。同时,将水资源的非市场价值纳入流域粮食作物的虚拟水贸易研究更是对要素禀赋理论和比较优势理论的进一步解释和补充完善。

(2) 在政策制定层面,流域粮食作物虚拟水贸易足迹的研究能够为水资源管理提供新的视角,对流域水资源配置格局做出新的调整,进一步制定基于水密集型产品贸易模式的水资源管理战略,使得流域水资源得到更高的利用。同时,以粮食作物为例研究虚拟水贸易足迹的非市场价值及其影响因素,对流域粮食安全政策的完善和流域农业水价的修正具有指导意义。

(3) 在实证研究层面,设计渭河流域水资源价值评估指标体系,对西部地区其他类似流域乃至全国的流域水资源价值评估都具有重要的借鉴意义。本研究对渭河流域生态系统服务的价值评估采用的是选择实验法(Choice Experiment, CE)。该方法要求在前期工作中进行生态服务功能属性及其状态的选择,即通过预调研,确定研究对象的关键环境属性和状态值,再通过实验正交设计的方法确定呈现给参与者的选择替代情景及其组合(选择集)。价值评估指标体系的确立,能够更加科学地评估流域生态系统的生态服务价值,并对其他流域的价值评估具有借鉴意义。

三 国内外研究动态述评

虚拟水贸易足迹研究是在全球水资源稀缺的前提背景下,国内外学者针对解决水资源优化配置和管理而提出的一个概念。目前,关于虚拟水贸易的研究主要集中于探讨如何定量测算虚拟水贸易的量,进而为不同尺度的水资源管理单位(国家、省市或流域)完善水资源管理政策提供决策支持。资源环

境的非市场价值评估研究起源于 20 世纪 80 年代,经历了 30 多年的研究历程,学者们从价值评估的内涵以及价值评估的技术和方法上进行了大量的探索。目前,该研究领域已发展成为具有完善理论基础和多种方法支撑的知识体系,并且受到了众多学者和政策制定者的关注。以下将从虚拟水贸易足迹和生态系统服务价值评估两个方面回顾前人的研究,并在此基础上对国内外研究的动态进行评价。

(一) 虚拟水贸易研究

国内外有关水资源优化配置和水资源安全问题的研究颇多,但大多数都是从一个国家(地区)内部进行探讨,对于水资源空间上分配不均匀的困境,却没有得到很好的解决办法。部分学者建议从水利工程和技术进步等实体水调度的视角来解决此类问题,但实体水调度往往存在很大的生态问题和较高成本的约束。1993 年,Allan 首先提出了虚拟水的概念,从商品和服务(特别是水密集型产品)贸易的视角来间接配置水资源在空间上的流动,为水资源优化配置和水安全问题研究提供了新的视角(Allan, 1993)。此后,学界便展开了虚拟水贸易的研究。

从研究的尺度来看,国外有关虚拟水贸易的研究从国家、区域到流域均有涉及。Alaa (2010) 以埃及为研究区域,指出虚拟水贸易缓解了该国家的水资源短缺问题,同时也提高了埃及作为水密集型产品进口国的外贸依存度;Mubako (2011) 测算了美国各州之间的虚拟水贸易流动情况,并得出结论,即美国各州之间虚拟水贸易缓解了各州之间水资源分布不均匀的环境压力,在一定程度上保证了美国的水生态安全;Zeitoun 等(2010) 基于 1998—2004 年商品贸易的数据,分析了尼罗河流域

虚拟水贸易对该地区水资源数量的影响,并进一步对缓解水资源短缺压力的政策进行了分析。2003年,程国栋首先将虚拟水的研究引入我国,并提出虚拟水战略是解决我国水资源安全问题的新思路(程国栋,2003)。此后,国内学者探索了大量关于虚拟水贸易在不同尺度上的实证研究(赵旭等,2009;马超等,2011;潘文俊等,2012;孙艳芝等,2015)。

从研究的内容来看,国内外有关虚拟水贸易的研究主要包括以下几个方面:虚拟水贸易理论的探索、虚拟水贸易中虚拟水含量的测算以及虚拟水贸易跟粮食安全关系的探讨。在虚拟水贸易理论探索的研究中,国内外学者一致认为,李嘉图的比较优势理论以及赫克希尔-俄林的要素禀赋理论是虚拟水贸易研究的根源,即两种基础理论是水资源禀赋不足的国家(地区)通过进口水资源禀赋富裕的国家(地区)的水密集型产品来解决本国水资源短缺问题的基础理论支撑,虚拟水贸易理论正是这两种理论的扩展和应用(Wichelns, 2004; 田贵良, 2008)。也有部分学者认为资源替代理论和 Ohlsson (1999) 提出的社会调试能力理论是在比较优势理论和要素禀赋理论基础上,对虚拟水贸易理论的补充和完善(刘冠飞, 2009; 李洪香, 2010)。在虚拟水含量测算研究中,目前测算虚拟水含量的方法主要有三种:第一种是基于 Chapagain 和 Hoekstra (2003) 提出的产品生产树的方法;第二种是基于 Zimmer 和 Renault (2003) 提出的基于农产品、畜产品和工业产品等不同产品类型分类计算的方法;第三种是基于投入产出的方法对虚拟水含量进行测算(Lenzen, 2009)。目前,国内外已针对虚拟水贸易量测算采用不同的方法,对不同地区和产品进行了大量的实证研究(Singh et al., 2004; Mekonnen and Hoekstra, 2012; Zhang C. and Anadon L. D., 2014; 程中海, 2013; 谭圣

林等, 2014)。在虚拟水贸易跟粮食安全关系的探讨研究中, 国内外学者从不同尺度上研究了谷物贸易对不同国家(地区)水资源安全的影响(Wichelns, 2001; 孙才志等, 2010), 并指出虚拟水贸易可以促进区域农业水资源优化(Velázquez, 2007; 徐中民等, 2003)、保障区域水量的平衡(Zeitoun, 2010; 尚海洋、张志强, 2011)。随着全球气候变暖, 我国很多学者也开始关注气候变化对国家(地区)水生态安全和粮食安全的挑战(夏军等, 2012; 柳文华等, 2005)。

国内学者在虚拟水贸易定性分析和定量测算的基础上, 还比较关心虚拟水贸易影响因素的分析。刘红梅等(2008)从定性分析角度出发, 首次从政治、经济、社会、生态四个维度, 讨论了虚拟水贸易的影响因素, 并认为可以针对这四个维度, 改善相应的贸易环境, 从而实现干旱地区缓解水资源短缺的目的; 黎东升等(2010)以农产品虚拟水贸易为例, 采用层次分析法对影响其虚拟水贸易的影响因素进行了分析, 实现了虚拟水贸易影响因素从定性分析到定量分析的跨越; 马超等(2012)分析了自然、经济、生态、技术和政策等六个维度对农产品虚拟水贸易的影响, 并用32个典型国家的横截面数据, 采用多元逐步回归的方法, 对部分影响因素进行了实证检验。

(二) 生态系统服务价值评估研究

关于生态系统服务价值评估的早期研究是从Costanza等人基于能量的测算研究开始的(Costanza and Neill, 1981)。随后, 大量的研究专注于生态系统服务的价值分类理论基础(McNeely et al., 1990; Turner et al., 1991; UNEP, 1993; Pearce et al., 1994)。这些研究都是从经济学和生态学的角度出发, 对生态系统服务的价值逐一进行核算, 为后人在不同尺度范围内