



中青年经济学家文库
ZHONGQINGNIAN JINGJIXUEJIA WENKU

虚拟水战略与中国农业 水资源配置研究

刘 渝 张俊飏 / 著

XUNI SHUIZHANLUE YU ZHONGGUO NONGYE
SHUIZIYUAN PEIZHI YANJIU



经济科学出版社
Economic Science Press

中青年经济学家文库

教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于虚拟水的中国农业水资源配置研究”(10YJC790178)资助

虚拟水战略与中国农业 水资源配置研究

刘 渝 张俊飏 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟水战略与中国农业水资源配置研究/刘渝, 张俊飏著.
—北京: 经济科学出版社, 2014. 3
(中青年经济学家文库)
ISBN 978 - 7 - 5058 - 9858 - 5

I. ①虚… II. ①刘…②张… III. ①农业资源: 水资源 - 资源利用 - 研究 - 中国②农业资源: 水资源 - 资源管理 - 研究 - 中国 IV. ①S279.2



中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 169171 号

虚拟水战略与中国农业水资源配置研究

刘渝 张俊飏 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: esp@esp.com.cn

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: <http://jjkxcbs.tmall.com>

北京欣舒印务有限公司印刷

华玉装订厂装订

880 × 1230 32 开 7.75 印张 260000 字

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5058 - 9858 - 5 定价: 30.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

摘 要

从 1979 年改革开放以来,我国经济持续高速增长已有 30 年。虽然这种高速增长对我国经济和社会发展来说十分必要,但无可否认的是,它是建立在过量消耗资源的基础之上的。水资源作为一种十分重要的特殊资源,其承载力问题引起人们的高度关注。现阶段,我国农业用水占社会总用水量的 70% 以上,农业用水过多地挤占了工业用水和生态用水,成为制约农业和整个国民经济发展的突出问题。在经济高速发展的转型时期,水资源数量短缺和质量下降已经成为制约经济发展的“瓶颈”,水资源的利用与配置失当在一定程度上影响着农业安全和社会稳定,而且波及了生态系统的循环效率。如何高效管理农业用水,提高其利用效率是当前迫切需要解决的问题。

全书着眼于生态安全和农业安全双重目标,用资源可持续利用的思想来研究农业水资源管理问题。本书试图运用经济学的分析范式,采取理论分析与实证分析相结合的方法,以农业经济学、资源与环境经济学、可持续发展理论为理论基础,在虚拟水贸易理论的视角下对中国农业水资源配置问题进行研究。主要研究内容包括生态安全和农业安全状态评价,农业水资源利用效率,虚拟水贸易缓解水资源危机的作用机理,农产品虚拟水流动的空间格局分析,虚拟水与农业水资源利用的微观分析,农业用水与经济增长的 Kuznets 关系拟合,微观主体水资源利用分析和农业用水管理政策等。论文主要从农户的节水决策、农户降低化肥施用决策、用水管理组织模式变革绩效、虚拟水贸易和战略运用、灌溉投资节水替代作用和水价补贴的角度深入探讨提升农业水资源利用效率、增进农

民乃至社会福利的具体政策和实施路径，确保在生态和农业双重安全目标下，农业水资源向工业和生活用水转移。本书通过分析得出如下结论：

(1) 水资源利用是一个联结生态安全与农业安全的纽带，虚拟水战略通过水价调整、配置产业水资源、虚拟水贸易交换使水资源得到充分利用，有效地平衡了农业安全和生态安全。

(2) 区域水资源禀赋的总量，水资源总量的相当稀缺程度、生产技术水平、其他生产要素的限制性程度都会影响到虚拟水贸易的形成。我国“北粮南调”虚拟水流动格局并不符合虚拟水的理论预期，区域的水资源总量并没有成为影响虚拟水流向的主要因素，耕地和经济结构替代水资源要素，牵动着虚拟水的流动，虚拟水从耕地资源丰富的北方地区流向南方地区。

(3) 1997~2006年的10年间，中国农业安全呈现稳定上升趋势，农业水资源生态安全总体上呈下降趋势，截至2006年，中国农业水资源利用状态离双重安全目标的实现距离有所拉大。1999年以来，中国农业水资源利用整体上并没有表现出较高的技术效率水平，同一时间跨度内水资源利用的低效率、下降的生态安全和上升的农业安全同时存在。

(4) 产业比重、人口密度、城市化都是影响农业用水总量的重要外生变量。农业用水与经济增长之间呈稳定性的“N”型曲线关系，全国大部分省份目前处于“N”型曲线的下降阶段，但也要警惕农业用水量出现反弹趋势。要遏制农业用水量的上升趋势，则进一步推进水资源管理制度的改革深化以及大力普及节水技术便显得十分必要，并迫在眉睫。

(5) 从农户的技术采纳和持续使用决策来看，个人特征、家庭特征、农户所处的外部环境特征、技术自身特征都是重要的影响变量。本书通过分析还得出户主年龄、科学施肥意愿、经营规模、耕地细碎化程度、耕地离家距离、农业劳动力比例和技术培训均对农户化肥施用量构成显著的影响。

(6) 本书还认为,管理制度是提升用水效率不可或缺的手段,变革灌溉管理模式,参与式灌溉管理使灌溉水资源管理更有效率和持续性;灌溉投资与灌溉用水之间存在较大的替代弹性,增加灌溉资金的财政支持力度可起到节约灌溉用水的作用;两部制水价情况下“暗补改明补”的补贴制度目前具有节水激励作用。

本书的创新点在于:

(1) 构建了一个新的分析框架,本书共同关注生态安全和农业安全双重目标研究农业水资源配置问题。目前关于生态安全和农业安全的研究成果颇多,但从同一角度,关联并整合研究生态安全和农业安全的文献却很鲜见,即使存在,也大多是在文章之中零散地提及。本书从理论上探寻生态安全、农业安全和农业水资源利用之间的互动关系,并实证评价中国生态安全和农业安全的状态,拟合双安全的压力、状态和响应之间的耦合关系,进而对微观主体的用水行为和农业水资源管理的经济政策进行实证分析,构建了一个生态安全和农业安全双重目标下农业水资源配置的系统分析框架。

(2) 虚拟水战略是近年来国际学术界热议的农业水资源配置方式的创新,我国引入虚拟水概念的时间不长,本书研究了虚拟水战略实施发挥的经济效应,得出区域间虚拟水贸易发生的情景和前提条件,准确计算农产品所承载的虚拟水含量,并结合我国不同区域的资源禀赋特征,指出在虚拟水导向下,未来不同区域农业产业结构优化的方向。

(3) 扩展了实证方法的应用范围,本书以全要素生产率理论为理论框架,引入 DEA 方法,在省际层面上评价农业水资源利用效率,并沿用环境库兹涅茨曲线(EKC)理论假说,验证中国农业用水与经济增长的 Kuznets 假说。已有文献多用比值分析法来评价水资源效率,计算的是单要素生产率,忽视了区域内资本、劳动力等要素的相互替代和对生产率的贡献作用,DEA 方法允许多指标投入和多指标产出,考虑了实际生产中所投入的其他生产要素。农业用

水 Kuznets 假说验证是在经济增长的框架下考察农业用水量变动的阶段性趋势,虽然对于环境污染与经济增长、工业用水与经济增长之间的关系成为近年来学者探讨的热点,但针对农业用水与经济增长的 Kuznets 假说开展实证研究,却较少发现有价值的研究文献。

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 研究目的与意义	3
1.3 国内外研究动态及述评	6
1.4 研究思路、内容及方法	14
1.5 可能的创新点	20
第 2 章 中国农业水资源配置现状分析	22
2.1 中国水资源的时空特征	23
2.2 中国农业水资源利用的特征分析	28
2.3 中国农业水资源管理的现状分析	33
2.4 本章小结	44
第 3 章 农业水资源安全的理论框架	45
3.1 生态安全和农业安全概念界定	45
3.2 生态安全与农业安全的关系：对立与统一	54
3.3 生态安全、农业安全与农业水资源利用 效率的互动机理	55
3.4 本章小结	61

第4章 农业水资源安全水平评价与全要素生产率测算	62
4.1 农业水资源生态安全和农业安全水平评价	62
4.2 农业水资源全要素生产率测算	72
4.3 本章小结	86
第5章 农业水资源配置创新：虚拟水战略	88
5.1 相关概念与理论	88
5.2 虚拟水战略缓解水资源危机的作用机理	95
5.3 本章小结	103
第6章 农产品虚拟水流动的格局与配置分析	105
6.1 虚拟水的量化方法及比较	105
6.2 农产品虚拟水流动的产业格局分析	109
6.3 农产品虚拟水流动的空间格局分析	115
6.4 本章小结	121
第7章 虚拟水与农业水资源利用的微观分析	122
7.1 虚拟水视角下农户水资源配置行为分析	123
7.2 农户采纳农业节水技术的实证分析	126
7.3 农户生产行为对水资源污染的影响分析	140
7.4 本章小结	149
第8章 农业水资源利用的 Kuznets 假说及验证	151
8.1 改革开放以来中国农业用水量的直观分析	151
8.2 农业用水与经济增长的 Kuznets 假说及验证	153
8.3 农业用水量变化的宏观因素分析	162
8.4 农业用水 Kuznets 曲线的进一步估计	173
8.5 本章小结	180
第9章 农业水资源管理的经济政策分析	182
9.1 农业水资源管理的含义与类型	183

9.2 农业灌溉投资及其替代弹性分析	185
9.3 灌溉水补贴分析与补贴模式比较	193
9.4 国外农业水资源管理政策分析及经验借鉴	199
9.5 本章小结	211
第10章 研究结论和政策建议	212
10.1 主要结论	212
10.2 政策建议	216
附录	221
参考文献	224
后记	234

第 1 章

导 论

1.1

问题的提出

中国是世界上人均水资源极少的 13 个贫水国之一，水问题将成为 21 世纪制约中国经济和社会发展最大的资源瓶颈，突出表现为水资源短缺、利用效率低和水污染问题。中国人均水资源量为 2 300 立方米，不足世界人均水平的 1/4，相当于日本人均占有量的 1/2、美国的 1/4、俄罗斯的 1/12。在中国大陆 31 个省（直辖市、自治区，下文均简称省）中，有 14 个省人均水资源量少于 1 000 立方米，而华北、晋、陕、甘地区人均水资源量不足 500 立方米，华北地区人均水资源量仅为 204 立方米，水资源严重不足。由于受季风气候影响，中国降水和河川径流量的年内分布不均，主要表现在年内降水、径流的发生主要集中在汛期，加大了拦蓄和调节水资源的难度，也是造成中国水、旱灾害频繁，农业生产不稳定和水资源供需矛盾十分尖锐的主要原因。2008 年入冬以后，我国 10 多个省发生严重旱情，北方冬麦主产区受旱尤其严重，全国作物受旱面积高达 1.61 亿亩^①。

水资源的环境压力不断加剧，严重制约经济社会可持续发展。

^① 资料来源：中新网。

20 世纪 50 年代,尤其是 80 年代以来,随着我国人口剧增、工业化进程加快,长期超量投入农药、农膜、化肥等化学品,农药残留物激增,农膜在土壤中的残留量约为 20%,化肥中氮肥平均利用率仅为 40%,每年产生的农业废弃物约 40 亿吨,处理率不足 25% (人民网,2007),农业面源污染已经成为我国最突出的环境问题。现实数据表明,水资源的质量下降主要来源于农业面源污染,根据 1990 年三峡大坝库区的统计资料显示,90% 的悬浮物来自农田径流,绝大部分的 N、P 来源于农田径流;从 2005 年“三湖”流域^①的统计数据来看,来自农业面源污染的总氮(TN),总磷(TP)和化学需氧量(COD)分别占 60% ~ 70%、50% ~ 60%、30% ~ 40%,其中,2005 年进入滇池外海的 TN 和 TP 负荷中,来自农业面源污染的分别占 53% 和 42% (张维理和雷宝坤,2005)。

我国水资源形势非常严峻,导致了严峻的水资源生态安全问题,威胁到社会稳定与国家安全。作为自然再生产与经济再生产合一的农业生产活动,是消费光热水气土等自然资源后形成初级农产品产出的过程。不同的资源消费与利用方式,形成不同的产出结果,同时也带来水生态要素不同的演替方向。资源是农业自然再生产中的一种必需投入,农业生产活动的正常、健康与持续进行必须要有农业水资源供给在质与量上的完全保障。否则,便难以满足由于人口规模增长和生活水平提高而对农产品所形成的基本需求,从而出现农业安全问题。由此可见,农业生产与经济活动实质上是一个通过水资源利用纽带而横跨生态安全和农业安全的重要领域。不同的水资源利用方式,对生态要素和农产品产出的影响不同,从而对生态安全和农业安全的满足程度不同。

在一般意义上,生态安全的实现需要对水资源进行保护与节约利用,而农业安全的实现则需要农业水资源的大量和持续供给。水环境恶化导致生态系统供给功能退化,威胁生态系统基本功能,其

^① 太湖,巢湖,滇池。

根源在于事前预防和事后管理政策缺乏。由此, 如何管理农业水资源的利用方式以确保其供给与需求的均衡, 解决我国经济发展过程中的资源瓶颈, 成为经济社会可持续发展的重大现实问题。面对我国农业资源的极度稀缺和人口众多的客观现实, 党和政府高度重视资源的节约利用问题, 《中国 21 世纪议程》阐明了我国的可持续发展战略与对策, 水资源可持续利用问题便涵盖在其中。2005 年 6 月温家宝同志在“加快建设资源节约型社会”讲话中指出, 加快建设节约型社会以节约资源和提高资源利用效率为核心, 以节能、节水、节材、节地、资源综合利用和发展循环经济为重点。2006 年发布的《“十一五”规划纲要》中正式提出建设资源节约型、环境友好型社会。本书研究农业这一水资源消耗大户进行研究, 在确保生态安全和农业安全的前提下, 探讨其利用与管理问题, 将对我国全面建设资源节约型社会具有重要意义。

1.2

研究目的与意义

1.2.1 研究目的

本研究试图回答以下问题:

(1) 农户是灌溉行为主体, 研究农户灌溉技术选择行为意义重大(韩洪云, 2000)。由于农户家庭自身特征(如家庭农业劳动力人数、户主文化程度、年龄、家庭资源禀赋等)不同, 农户所在地区农技服务状况不同, 节水灌溉技术自身所产生的不确定和风险程度不同, 所促成的农户节水决策存在差异。那么, 是哪些因素影响农户采纳节水灌溉技术? 主要的影响因素是什么? 另一方面, 农户家庭自身特征、农技服务状况等因素对农户化肥施用量会产生怎样的影响? 当农户具备科学施肥意愿时, 这些因素的影响程度和方向

会产生差异吗?

(2) 虚拟水战略是近年来国际学术界热议的农业水资源配置方式的创新,我国引入虚拟水概念的时间不长,虚拟水战略实施将发挥怎样的经济效应?区域间虚拟水贸易发生的情景和前提条件是什么?如何准确计算农产品所承载的虚拟水含量,从而结合我国不同区域的资源禀赋特征,指出在虚拟水导向下,未来不同区域农业产业结构优化的方向。

(3) 生态与农业之间存在着密切不可分的联系,农业既能提供农产品,又能为农业生产者和非农业生产者提供环境效益,包括水资源涵养、蓄洪、开放空间、美化景化、生态栖息、微气候条件(黄宗煌,2007)。水资源利用中生态安全与农业安全之间是此消彼长的关系。不同的农业水资源利用模式对生态安全和农业安全的影响有差异吗?农业水资源利用、生态安全和农业安全三者之间构成了怎样的互动关系,能否找到途径,取得生态安全与农业安全之间的均衡,实现双重安全?

(4) 目前对于农业水资源技术效率的全面测算还相当缺乏,中国各地区农业水资源利用效率水平高吗?在当前的利用效率水平下,生态安全和农业安全程度如何,安全的演进方向是同时处于上升趋势、下降趋势或一升一降?为解决这些疑问,尝试利用统计数据,拟合中国生态安全和农业安全的时序变动。

(5) 水资源的配置结构随着经济发展阶段的不同而存在差异,发达国家工业用水随收入增长的演变模式可以用库兹涅茨曲线形式来表示(贾绍凤,2004)。农业用水与经济增长的 Kuznets 假说在中国是否存在?整体上中国的农业用水量是处于 Kuznets 曲线的上升阶段还是下降阶段?具体到各个省和地区,分别处于曲线哪部分?人口规模、技术进步、产业结构以及城市化等控制变量对农业用水量与经济增长的曲线关系影响如何?曲线形状是否因为控制变量的加入而发生变化,曲线的转折点是否移动?

(6) FAO (2005) 针对“保持生态系统的功能和生产粮食平

衡”战略，确定了需要采取行为的问题以便提高用水效率和生产力，如为了加强农业水资源保护，需要何种政策改革和投资手段？本书针对农业水价和灌溉投资政策，将考察灌溉投资对灌溉用水的替代作用，以及农业水价补贴模式改革的方向。

1.2.2 研究意义

本书统筹农业水资源的自然、社会和经济多重属性，结合采用规范分析方法和实证分析方法，以虚拟水贸易理论为支撑，提出农业水资源生态安全和农业安全的概念，并以此为逻辑起点，构造了虚拟水战略下农业水资源配置的系统分析框架，深入阐释农业水资源利用效率、生态安全农业安全之间的互动关系及其均衡点，并以此对虚拟水缓解水资源危机的作用机理、农产品虚拟水流动的空间格局、农业水资源利用宏观趋势、农业水资源利用的微观机理、农业水资源管理的经济政策进行经验和实证分析，寻求提升农业水资源配置效率的途径，探析政府管理的有效机制，提出促进水资源生态平衡与农村经济快速发展的政策建议。这不仅是缓解我国水资源短缺，促进农业可持续发展的根本性措施，而且是保障农业安全、国民经济稳定乃至整个国家水安全的重大战略举措。本研究的意义主要在于：

第一，促进节水农业发展，提高农业水资源利用效率。

在水资源短缺问题日益严重的趋势下，强化农业节约用水，优化水资源配置，提高农业用水效率，不仅要依靠行政、法制、科技等手段，而且要采取经济手段。发挥政府的公共管理作用，迫切需要变革水资源的配置方式、改革水价和补贴模式、变革基层管水组织、增强公共农技服务，改善农业水资源开发利用的制度环境；发挥市场机制的调节作用，需要掌握涉水行为主体节水与用水的内在驱动力量。只有深入探索和研究微观主体决策、产业和区域虚拟水流动格局的相关理论，将理论与实践相结合，才可能从全局出发来

统筹解决这些问题。

第二,促进水资源可持续利用,实现社会经济与生态环境协调发展。

水是生命之源,也是农业经济乃至整个国民经济建设的基础和命脉。随着我国经济的快速发展,工业化进程加快,第三产业蓬勃发展,在现代农业的宏伟蓝图下,对水资源的数量、质量以及水资源的可持续利用提出了越来越高的要求。社会经济的高速发展需要水资源可持续利用作为基本的自然要素支撑,水资源可持续利用又是优质生态环境的重要组成部分。水资源的可持续利用是指“在维持水的持续性和生态系统整体性的条件下,支撑人口、资源、环境与经济协调发展,满足代内和代际用水需要的全部过程”,促进水资源可持续利用,是实现经济社会与生态环境和谐的发展模式。

1.3

国内外研究动态及述评

1.3.1 水资源可持续利用观产生的背景

建立在自然资源消耗基础上的物质财富的增加是经济发展的直接表现,在有限的资源供给下,如何实现人类社会与经济的可持续发展,是各国政府和科学家普遍关注的重大问题。伴随着研究视角的不同,所得出的结论也存在差异。其中被称为“悲观派”的罗马俱乐部,在1972年出版的由丹尼斯·L·米多斯(Dennis L. Meadows)等学者撰写的《增长的极限》(*the Limits to Growth*)中,就提出零增长和系统崩溃论等观点。认为由于资源有限,人类社会发展必须在资源所能确保的限度内进行,如果按照人类现有增长方式无限任意地发展下去,就会导致人类崩溃。而与此相反,以人口经济学家朱利安·西蒙(Julian Simon)为代表的“乐观派”

则认为：随着科学技术和新发现的不断出现，人类可利用的资源没有尽头，生态环境也会随着经济发展而好转，人口将在未来自然达到平衡。截然的对立显然失去了对事物的客观判断。直到1987年4月世界环境与发展委员会在“*Our Common Future*”的长篇报告中提出了“Sustainable Development”（可持续发展）的概念，才使得对问题的认识更趋理性。

长期以来，人口增长所带来的粮食压力以及贫困与环境退化之间的关系一直是国际学术界关注的重要议题，并随着问题的加剧而使之成为研究的热点（Boserup, 1965; Scherr and Templeton, 1999）。人口的快速增长导致食物需求的增加，在需求拉动下，必然需要运用更多的农业水资源来生产更多的食品，尽管现代农业技术的投入能够有效地提高生产率，以实现产量的增加和供给的满足。但是，以化肥、农药等为代表的现代农业生产资料的大量投入毫无疑问地产生了严重的面源污染和资源退化等生态问题（Boserup, 1965）。尤其在贫困的农村地区，为了维持短期生存而牺牲长远发展利益的资源利用行为极为普遍（Mink, 1993; Figueroa, 1998）。中国也面对着同样的困境，人均水资源占有量仅世界平均水平的1/4，成为中国农业可持续发展的重要限制性因素。于法稳（2005）提出我国农村水资源的警报级别已上升至红色最高级。马晓河、方松海（2006）通过时空数据的分析得出，对于人均水资源紧张、地域差异明显的中国，水资源总量无法支撑现有农业用水模式的持续扩张，同时工业用水、城市生活用水不断增长，水资源地域分配不均，水体污染尚未得到有效遏制，未来的用水形势将更为严峻。李颖明（2007）通过计算发现，中国粮食主产区农业水资源的压力普遍偏大，而粮食生产的技术效率偏低与资源利用浪费的现象同时存在。因此有必要探讨兼顾社会、经济、生态因素的资源可持续利用方式，实现生态与经济的双赢。