

刘悦忆, 郑航, 赵建世, 等. 中国水权交易研究进展综述[J]. 水利水电技术(中英文), 2021, 52(8): 76-90.

LIU Yueyi, ZHENG Hang, ZHAO Jianshi, et al. An overview of the study on water rights trading in China[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2021, 52(8): 76-90.

中国水权交易研究进展综述

刘悦忆¹, 郑航¹, 赵建世², 万文华¹

(1. 东莞理工学院 生态环境与建筑工程学院, 广东 东莞 523000; 2. 清华大学 水利水电工程系 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 水权交易是通过市场机制优化配置水资源的主要手段, 是我国当前水资源管理改革的重要方向之一。由于水资源系统的复杂性和水市场研究的多学科交叉特性, 目前我国水权交易研究的成果虽多但视角广泛, 系统性和实用性不强。系统梳理了2000年以来中国水权交易研究的历程和阶段特征, 提出我国水权研究的三个发展阶段: 2000—2007年为理论探索阶段, 主要探讨水市场在我国的必要性和制度路径; 2008—2013年为技术发展阶段, 典型特征是提出了定量数学模型用以优化水市场交易规则; 2014至今为实践推广阶段, 建立了基于我国水权交易平台实证数据的水权交易模型。目前, 我国已建立了适用于中国国情的水市场理论和相应的成套技术方法, 开展了大量的水权交易实践, 有效促进了水资源的高效集约利用。然而, 目前的水市场研究尤其是交易数学模型对复杂水文条件和水资源利用特征考虑不足, 实用性不强, 未来研究的重点方向之一是建立面向水市场的、基于水联网数据驱动的流域“水文-生态-经济”集成模型, 为我国水市场的建设和评估提供更有力的技术支撑。

关键词: 水市场; 水权交易; 中国; 水资源; 水资源系统; 水资源优化配置; 干旱

doi: 10.13928/j.cnki.wrahe.2021.08.008

开放科学(资源服务)标志码(OSID):

中图分类号: TV21

文献标志码: A

文章编号: 1000-0860(2021)08-0076-15



An overview of the study on water rights trading in china

LIU Yueyi¹, ZHENG Hang¹, ZHAO Jianshi², WAN Wenhua¹

(1. School of Environment and Civil Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523000, Guangdong, China; 2. Department of Hydraulic Engineering, State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Water rights trading is one of the most practical pathways for global water governance reform. However, due to the complexity of water resource system and interdisciplinary nature of water trading research, existing studies in China vacillated in a wide range of research spectrum. This leads to the gaps in systematicity and operability of water market studies in China. The researches on water rights trading in China were overviewed since 2000 and three development stages of the studies were proposed, including the theoretical exploration stage (2000-2007), the technological development stage (2008-2013) and the practical stage (2014-2020). In the first stage, the focus of the studies was on the necessity and institutional path of establishing water

收稿日期: 2021-06-10

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于水能耦合的长距离调水工程优化调度理论与应用”(51909035); 国家自然科学基金项目“长江水科学联合基金”项目“长江流域生态补偿研究”(U2040206)

作者简介: 刘悦忆(1986—), 女, 讲师, 博士, 主要从事流域水资源管理和调度研究。E-mail: liuyysn@163.com

通信作者: 郑航(1982—), 男, 副教授, 博士, 主要从事水资源管理与水权分配研究。E-mail: zhenghang00@163.com

market in China. After that, quantitative mathematical models were developed for designing the water market rules in the second stage. Recently, in the third stage, the empirical trading data in China was involved in the modeling for more realistic application. Given this, a water market theory and corresponding technical methods suitable for China's national conditions have been established, supporting a large number of water rights practices, and effectively promoting the effective and intensive use of water resources. However, there are still insufficient considerations of complex hydrological conditions in current models. It is proposed that one of the key directions of future research is to establish a water market-oriented and data-driven "hydrology-ecology-economy" integrated model for further innovating China's water market research.

Keywords: water market; water rights trading; China; water resources; water resources system; optimal allocation of water resources; drought

0 引言

水权制度是自然资源产权制度的一种,其主要内容是明晰水资源产权、控制用水总量并激发市场交易,促进水资源向高效益用户流转^[1]。水权交易是指水权量、许可用水量或用水总量指标等水权标的物在授权用水者之间进行正式或非正式流转的过程^[2]。英美日澳等发达国家在经济迅速增长导致用水矛盾突出时,都建立或完善了水权水市场制度,提高了用水效益,表明了市场机制配置水资源的有效性^[3-4]。

然而,由于社会经济和水资源系统的复杂性,水权交易受水文特征、用水效益、水资源管理体制、调度能力以及社会文化等诸多因素的影响^[5-8],导致目前我国水权交易研究的体系复杂、所涉的学科较多、视角多样、成果分散,尚缺少系统性的梳理和总结。本文梳理了2000年以后中国水权交易的研究成果,将其研究历程分为理论探索、技术发展和实践推广三个阶段,分析了各阶段的典型成果和发展特征。在此基础上,重点针对水权交易模型在复杂条件下的实用问题,提出了未来的研究建议。

1 中国水权交易的研究进展

中国的水权交易研究浪潮始于2000年后的水权大讨论,总体上经历了从理论构想到定量模拟再到实践应用的过程,可划分为三个阶段,如图1所示。图中展示了2000到2020年“中国知网”收录的以“水权交易”或“水市场”或“水权转换”为标题关键字的文章数目,其阶段性特征明显。2000—2007年为第一阶段,水权交易研究的数量快速增加。2008—2013年为第二阶段,研究热度有所减弱。2014年以后,受新时期水利发展改革政策的推动,水市场研究再次兴起。

1.1 理论探索阶段

2000年后,在水利部的推动下^[9],以浙江省东

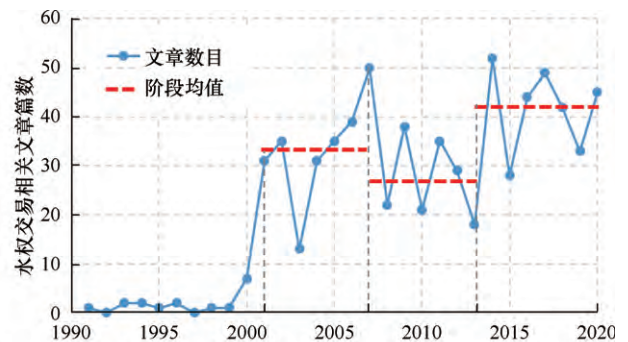


图1 2000—2020年中国水权交易研究历程的阶段划分

Fig. 1 The stages of China's water-rights-related research from 2000 to 2020

阳-义乌水权交易为先导^[10-12],我国掀起了水权水市场研究的热潮,涌现出了一批颇具时代特征的研究成果^[13-17]。这一阶段的研究主要围绕水权水市场在我国的必要性和可行性展开论证^[18-21],研究水权交易的法律基础^[22-23]、物权解释^[24]以及相应的制度框架^[25-26]等;采用的研究方法主要有国内外比较^[27-30]、制度构想^[31]以及路径设计^[32-33]等,以法学、经济学和管理学为主要支撑^[34-35]。例如,胡鞍钢等^[10]系统考察了浙江省东阳-义乌水权交易的实践意义,分析了我国开展水权交易的必要性和政策需求。沈满洪^[12]对该案例进行了进一步的分析,构建了水权交易函数,通过论证水权交易中政府的作用机制,指出水权制度改革的方向。在此基础上,王金霞和黄季焜^[29]通过分析智利、墨西哥和美国加利福尼亚州等国家或地区的水权交易实践,给出了我国开展水权交易的政策建议。裴丽萍^[34]在总结国内外水权交易实践的基础上,研究了可交易水权的排他性、可转让性和可分割性等法理特征,分析了我国建立水市场的法理基础问题。张郁等^[31]提出了基于合约的水权交易市场模式,分析了市场的结构和功能。除此之外,随着2003年后黄河流域工农业水权转换的开展,许多专家学者对跨行业水权转换的基本特征^[36]、交

易期限^[37]、转换价格^[38]、监测计量^[39]及风险补偿^[40-41]等方面进行了较集中研究,于2007年将国内水权交易研究推向第一个高峰,为我国水市场总体框架的建立奠定了基础。

1.2 技术发展阶段

2008年后,中国水权交易研究逐渐向技术层面发展,演化出三条脉络。一是对水权水市场的基础理论进行更深入的探讨^[42-44];二是在更大范围对国内水权交易和转换的案例进行总结^[45-49];三是提出了定量数学模型以更高效的优化交易规则^[50-51]。

首先,在理论层面,探讨了水权交易的成本^[52]、第三方影响^[53]、环境风险^[54]、补偿^[55]和监督机制^[56]以及公众参与^[57]等更广泛内容,交易机制设计更加精细和全面^[58-59]。例如,严冬、夏军和周建中^[42]耦合了水资源模型和水质模型以评估水权交易的外部性,以甘肃省黑河流域中游地区为例,设计了基于外部性消除的行政区水权交易方案。李月和贾绍凤^[43]基于新制度经济学的交易成本理论和租值消散理论,研究了水权交易的制度路径选择机制。马晓强和韩锦锦^[53]辨识了水权交易对不同的客体所产生的第三方影响正效应与负效应,拓展了水权交易研究的维度。陆文聪和覃琼霞^[58]运用两阶段博弈模型分析了政府主导交易机制下的个体最优决策所导致的资源配置效率和节水效果,研究了水权交易、个体节水与政府干预之间的关系。陈志松和王慧敏^[59]研究了水市场的生命周期,提出了基于水市场生命周期的水资源管理模式的演化矩阵,进一步丰富了水市场研究的理论内涵。

第二,在案例研究方面,从黄河工农水权转换^[60]到甘肃黑河的农户间水权交易^[61],研究范围逐渐扩大^[62-65],成果的实践指导作用不断增强。王亚华和田富强^[66]对黄河水权转换试点实践进行了综合评价和系统展望,提出了筹建黄河流域“水银行”的政策建议。葛颜祥等^[62]分析了可交易水权制度在控制地下水超采及浪费中作用,研究提出了地下水可交易水权制度的基本框架和保障体系。段凯等^[63]以武汉市为例,分析了丰水城市建立水权交易制度的驱动力和技术框架。贺骥等^[65]探讨了城市用水权交易的必要性、可行性以及相应的制度构想,将水权交易研究视角拓展到城市用水范围。

第三,建立了基于博弈论的定量模型^[67-70],研究水权交易的讨价还价^[71]和拍卖机制^[72-73]及其作用下的市场均衡状态和最优报价策略^[74-76],定量分析了交易规则、交易价格以及市场收益间的关系^[77-78]。

例如,孔珂等^[69]建立了以水资源总效益最大化为目标的两阶段动态博弈模型,给出了纳什均衡条件下市场参与者的行动策略。陈洪转等^[70]建立了水权交易准市场阶段和水市场阶段的水权交易博弈定价模型,解析了不同发展阶段水权交易的定价决策机理。李长杰等^[68]建立了不完全信息下的水权交易双方叫价拍卖的贝叶斯博弈模型,给出了拍卖规则和市场出清规则。邓晓红和钟方雷^[73]从水权不同的供求关系出发设计了反向和正向两种拍卖机制,构建了水权交易的定价模型。胡晓寒等^[77]基于优化理论和博弈理论,研究了在水资源总量紧缺状况下农业用水户间水权交易的效益。这些研究推动了我国水权交易的技术发展,然而,模型大都相对简化,仅解释两个交易主体的博弈过程,难以在复杂条件下实用。为此,有学者应用复杂适应系统理论建立了水市场的仿真模型,对交易主体行为及系统效率进行数值模拟^[79]。此外,也有学者采用经济学实验的方法,选取在校大学生进行水市场模拟报价,为水市场研究提供了又一思路^[80]。

1.3 实践推广阶段

2014年,习近平总书记提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路,赋予了我国新时期治水的新内涵和新任务。2016年,水利部印发《水权交易管理暂行办法》,对可交易水权的范围和类型、交易主体和期限、交易价格形成机制以及交易平台运作规则等做出了具体规定。同年,中国水权交易所正式运营。中国开始从国家层面全面推进水市场建设。在这种情势下,我国水权交易的研究与新时期水利改革政策结合更加紧密,研究成果更加综合和实用^[81-83]。

首先,与水利行业强监管^[84]、合同节水^[85]、金融机制^[86]、区域社会治理^[87]、农地流转^[88]、水环境保护^[89]以及国际河流管理^[90]等方面结合,更加关注大范围水权交易的风险防范^[91-94]和社会影响^[95]。例如,田贵良^[84]从负外部性行为、信息不对称性等方面分析了水权市场失灵的原因,提出了水权交易全过程强监管的主要环节和措施。王寅等^[85]将合同节水与水权交易相结合,提出“先节水后交易”与“先预售后节水”两种交易模式以及收储直销与委托代销两种交易类型。张建斌^[86]研究了金融体系与水市场的关系,从水权融资和微观水权金融服务等角度阐述金融机构支持水权交易的政策构想。石腾飞^[95]将社会学分析方法应用于水市场研究,分析了典型地区水权转换后农民生计面临的困境。武翠芳等^[94]以张掖市甘临高地区的水权交易为例,定量测算了水市场

运行中的回流效应, 给出了市场规模与第三方回流效应间的数量关系。李春晖等^[93]综述了水权交易对水资源系统影响的四个重点研究方面: 可交易生态环境水权的研究、水权交易对水量、水生态、水环境影响的研究, 提出未来应当加强水权交易对生态环境影响的定量研究。

第二, 随着全国范围水权交易试点的开展, 研究案例从甘肃^[96]、内蒙^[97]和宁夏^[98]等干旱地区向湖北^[99]、江西^[100]、广东^[101-102]等丰水地区发展, 并开始探索黄河长江上游^[103-104]、雄安新区^[105]、南水北调沿线^[106-108]等重点地区的水市场建设。例如, 郑航等^[101]基于我国现有的水权制度安排和实践经验, 提出了流域水权制度的体系框架并应用于广东省东江流域, 分析了适用于丰水且水质性缺水地区的水市场特征。刘世庆等^[103]探讨了在黄河宁蒙河段推进跨流域水权交易的思路, 提出抓住南水北调东线中线通水机遇, 调整八七分水指标, 将山东、河南部分黄河水权指标向黄河上游转移, 化解黄河几字湾地区的缺水困境。张建岭等^[106]依托南水北调中线工程, 以受水区经济社会效益值最大为目标函数构建了地区间水权交易模型, 研究了河南省受水区的水权交易方案。王小刚^[105]针对制约雄安新区建设的白洋淀流域水资源短缺问题, 提出了完善白洋淀流域水权交易制度的建议。

第三, 水权交易的模型研究更加丰富^[109-115], 出现了基于我国实证数据的水权交易价格机制研究^[116-118]。郑航等^[115]研究了集市型的水权交易模型, 对集市中交易者的报价行为进行了分析, 给出了报价策略与用水效益的函数关系。张文鸽等^[113]采用层次分析法和模糊识别模型, 研究了缺水地区水权交易价格合理收益系数的确定方法。刘刚等^[116]构建了准市场条件下的水权交易双层动态博弈定价模型, 分析了上级政府协调能力、需求系数以及议价能力对交易均衡水价的影响。吴凤平等^[110]探讨了基于市场导向的水权交易价格形成机制理论框架, 提出了中国情境下的水权交易价格形成机制的基本步骤。许长新和杨李华^[111]采用中国水权交易所和石羊河流域水权交易中心的实际交易数据, 对市场的信息不对称程度及其对交易双方议价能力的影响进行了实证分析。田贵良和贾萌^[118]基于中国水权交易所的交易数据, 用回归模型和调节效应图实证研究了水权交易的影响因素, 发现受让方地区 GDP 越低, 年平均降水量越低, 交易期限越短; 水权市场成熟度和交易主体所处行业的平均利润率越高, 水权交易价格越高。

第四, 近年来水权交易平台的研究开始涌

现^[119-124], 探讨区块链、云计算、水联网等新技术在水权交易实务中的应用和交易平台的功能设计^[125-133], 为推进我国水权交易实践提供了支撑。2013年, 甘肃石羊河流域的水权互联网交易平台上线运行, 进行农村用水者协会(村级)层面的水权交易撮合^[134]。2013—2015年, 石羊河水权交易平台通过互联网撮合和管理交易水量总量 2 044.9 万 m³, 其中地表水 1 869.98 万 m³, 地下水 174.92 万 m³。地表水交易平均价格 0.21 元/m³, 地下水 0.09 元/m³。如表 1 所列。

表 1 甘肃石羊河水权交易平台的运行情况
Table 1 Trading results of the water trade platform
in Shiyang River Basin, Gansu

年 份	地表水		地下水	
	交易量 /万 m ³	平均交易价格 /元·m ⁻³	交易量 /万 m ³	平均交易价格 /元·m ⁻³
2013	458.17	0.20	5.80	0.04
2014	596.11	0.20	41.18	0.13
2015	815.70	0.22	127.94	0.11
总 计	1 869.98	0.21	174.92	0.09

注: 当地地表水水费为 0.2 元/m³; 地下水水费为 0.05 元/m³

李长杰等^[119]分析了互联网水权交易系统对减少交易成本的作用, 探讨了网上水权交易系统的框架流程和功能要求。张琛等^[120]探讨了基于网格技术的动态水权转换的信息监测管理平台, 研究了管理平台系统的门户建设思路。刘云杰等^[125]分析了区块链技术与水权交易系统的契合点, 探究了区块链技术与国家水权交易系统的集成应用场景。王鹏全等^[126]将水联网和水权交易相结合, 研究了作物环境智能采集系统、水联网灌溉自动化闸门控制系统、灌溉效果监测评估系统、灌区水资源使用权确权登记系统和水权交易互联网平台系统的功能和组成。王俊杰等^[122]系统梳理了目前国家层面、省级层面、省级以下层面的 16 家水权交易平台, 分析了平台的分类、业务范围、作用与成效以及面临的困难, 提出了水权交易平台的发展建议。

综上所述, 历经 20 a 发展, 我国的水权水市场研究积累了大量的理论成果并逐渐向实用化方向发展, 如表 2 所列。然而, 现有研究所涉及的学科非常纷杂, 包括法学、经济学、管理学、社会学、生态学、水文学及水资源学等, 相应的研究视角繁多, 从法理辨析、制度变迁、机制设计、案例分析、价格模型再到交易平台, 不一而足。加上现有研究多以定性分析为主, 定量研究不足, 导致研究的系统性和深度仍不够。

表2 中国水权交易研究的发展阶段与主要特征

Table 2 Development stages of researches on water rights trading in China

时间	发展阶段	研究进展和热点	主要成果	存在问题
2000—2007年	理论探索阶段	主要围绕水权水市场在我国的必要性和可行性展开论证	形成了我国水权水市场制度的基本理论框架	定性研究为主, 缺少定量研究
2008—2013年	技术发展阶段	建立了水权分配和水市场优化的技术框架和数学模型	形成了一系列基于博弈论和拍卖机制的水权交易定价方法	模型相对简单, 在复杂条件下的实用性不足
2014年至今	实践推广阶段	积累了水权交易的实测数据, 围绕实际交易数据开展交易模型和平台研究	建立了一系列不同层级的水权交易平台并投入实用	实际的水权交易数据不足, 难以支撑水市场系统性模拟

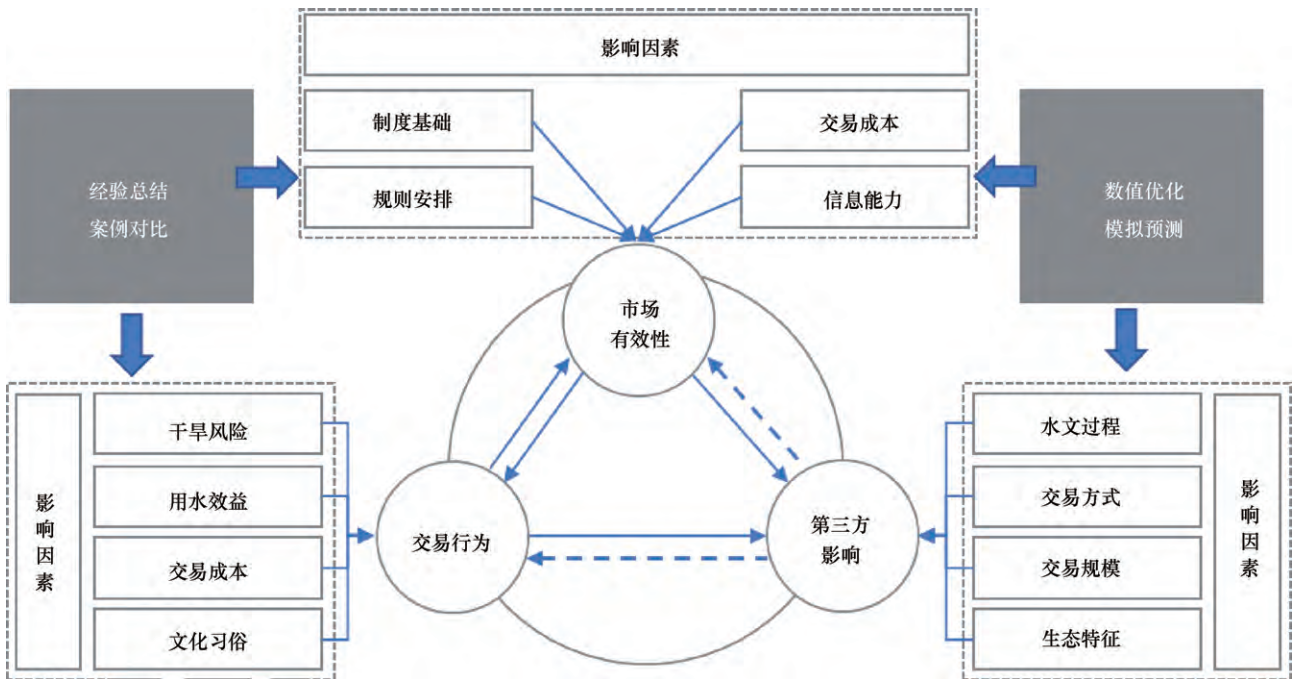


图2 水权交易的研究框架

Fig. 2 The research framework for water rights trading

2 水权交易的研究框架

本文将水权交易研究的主要内容分解为交易行为、市场效率、第三方影响三个方面, 提出水权交易的研究框架(见图2)。微观层面的交易行为、宏观层面的市场效率以及第三方影响, 三者互相作用协同推动水市场运行。

水权交易的行为是指水权持有者参与水权交易的动力、意愿、时机、方式以及报价等行动特征。交易行为的研究一般以水权持有者或用水者为对象, 研究哪些因素可以提高用水者参与水权交易的积极性并且如何影响其交易的报价。国内外许多学者从水文情势、用水效益与交易成本、供水可靠性和交易风险以及社会文化等方面, 研究了用水者水权交易行为的影响因素。

2.1 交易的动机与条件

首先, 在水权交易中获取利润是用水者参与水权

交易的直接动力, 干旱或者可用水量的减少会使得水交易更加活跃。研究发现, 一般情况下农民在降雨和配水量不足时, 会购买水权以应对干旱风险。郑航等^[96]分析了中国甘肃石羊河流域村级用水者协会之间2008—2014的水权交易数据, 发现每年3—4月份市场上购买水权的需求较为旺盛, 农民倾向于在春灌之前购买水量以增加土壤湿度, 应对为未来可能的干旱。第二, 用水效益与交易成本, 直接影响用水者参与水权交易的方式和报价。用水效益的差异性, 是推动水权在不同用水者间流动的根本动力。一般来说, 购买水的人更多是用水收益较高但波动大、面临收益下降风险的人, 买水对降低利润风险有很大的作用。在某些水资源短缺的地区, 由于农户间种植结构相近, 同步缺水且缺少高价的购水者, 这是我国干旱地区水市场发育缓慢的重要原因之一。

水权交易的动机、效益以及成本构成了交易的主观条件, 直接影响用水者参与水权交易的意愿和相应

的行为。此外,成功的水权交易还受到诸多客观条件的限制,包括相对稳定的可用水量预期、较可靠的供水保证率及水质、有效的节水投入、可预测的交易收益以及精确的用水计量,等等。这些客观条件可以降低水权交易者出售水量的风险,对于增强水市场效率至关重要。用水者明确知晓其剩余水量和目前使用量,知道水的经济价值及其投资回报是进行水权交易的必要条件。再有,社会以及文化因素会间接影响水权交易者的行为。理解社会文化因素对水权交易行为的影响,有助于解释水权交易者的非经济理性行为。这对于提高水市场的区域适应性,是十分必要的。XU等^[127]发现甘肃省石羊河流域村级用水者协会间的临时水权交易大部分发生在10 km范围内。卖水者趋向于将水量卖给距离相近的或者熟悉的或者处于同一乡镇行政区的用户,不愿意将水权远售。这体现了农村乡土人情文化对于水权交易行为的影响。

围绕水权交易行为及其影响因素,许多学者采用已有水市场的数据进行统计,分析交易人的数量、交易水量、价格、交易方式、交易频次、时间以及距离等与交易者可用水量、供水保证率、用水效益、交易成本以及文化习俗等之间的关系,研究哪些因素如何触发并激励水权交易的发生。这种实证分析方法有利于水权交易经验在不同地区之间进行分享和互鉴。但由于交易数据的限制,上述研究大都限于对水市场的现状评估,难以预测变化环境下水市场的演变,因而难以给出适应性的优化策略。因此,将这些实证研究的方法与机理分析、综合模型模拟相结合,才能够更好地分析水权交易行为及其关键影响要素的作用。

2.2 交易的定价与水市场的效率

水市场的整体表现是众多交易行为集体涌现效果的长期累积的结果,其影响机制非常复杂。许多学者基于经济学和系统优化等理论,以水市场中所有买卖者的效益最大为目标,构建数学模型,模拟变化情境下水市场的运行过程、优化交易匹配结果和定价机制,提出最优的交易决策。

按照建模方法,模型主要分为两类:一是基于数学规划的优化方法;二是基于多主体模型(Agent-Based Model, ABM)的模拟方法。优化方法一般以水市场整体效益最大为目标,建立了农户作物选择、劳力投入、灌溉用水以及水权交易的决策分析模型,优化决策变量并生成交易方案,给出优化的价格和交易量。模拟方法主要基于ABM,从微观层面模拟交易

主体的报价行为,分析主体行为变化对市场效率和均衡状况的影响。例如,ZHAO等^[128]基于主体建模方法,比较了水资源综合管理体制和市场体制下水权主体行为的差异,提出了水权交易主体行为及交互规则描述的基本方程。DU等^[129]建立了基于双边拍卖模式的水权交易模型,分析了用户水权交易报价对水市场效率的影响。王慧敏等^[79]结合复杂适应系统理论,建立了水权交易的CAS模型(Complex Adaptive System),设计了相应的运行机制,并对交易主体行为及系统效率进行了数值化的仿真模拟。ABM方法以微观个体的行为特征及其微观宏观层面信息交流为基础,能更好地描述个体行为和系统规律之间的相互影响机制,是当前水权交易研究的热点方向。

此外,还有许多学者将博弈论方法应用到水市场建模中,对交易行为特征^[67-130]、交易机制^[68]、交易定价方法^[70-78]以及资源配置效率^[58]进行研究,设计水市场的运行机制,具有理论探索意义。其中水权交易价格的确定机制是研究的热点之一。吴凤平等^[110]在总结国内水权交易价格研究成果的基础上,提出了中国情境下的水权交易价格形成机制的两个基本步骤:一是测算水权交易基础价格,构建全成本水权定价模型和影子价格模型,并予以综合建立水权交易基础定价模型;二是构建水权场内交易双边叫价拍卖模型,如图3所示。陈艳萍等^[114]通过对我国水权交易价格研究的综述,提出通过影子价格法和合作博弈法对水权交易价格进行研究是国内学者的研究重点。此外,相对于区域水权交易和取水权交易,灌溉用水户的“集市型”水权交易定价机制具有更大的实际意义。目前,水权交易价格的主要计算方法如表3所示。

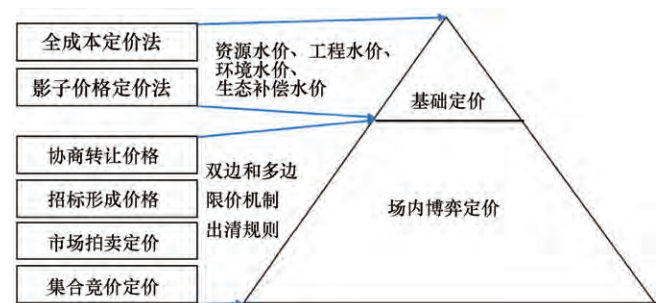


图3 水权交易价格的形成机制框架^[110]

Fig. 3 The price of water trading

2.3 水权交易的第三方影响

水权交易的第三方影响是指水权交易改变了原有的用水地点、路径和时间而对未参与交易的第三方造

表 3 中国水权交易价格的研究进展

Table 3 Methods for calculating the price of water trading.

方法	公式	变量	代表文献
全成本定价法	$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$	P 为水权转换的价格; P_1 为水资源价值的容量价格; P_2 为水资源价值的计量价格, 即目前征收的水资源费; P_3 为水权转换的成本价格; P_4 为水权转换的合理利润; P_5 为水权转换的税金	裴勇等 ^[38]
影子价格定价法	$P = \frac{b \cdot \eta \cdot \beta (m_1 - m_2)}{2m_2 - (m_2 - m_1) \cdot (2a \cdot \eta \cdot \beta + 1)}$	P 为水权交易双方可接受的均衡价格; m_1, m_2 分别为转让方与受让方的水资源影子价格(边际效益), η 为双方协调系数, β 为受让方水资源需求系数, a, b 为价值函数系数	吴凤平等 ^[112]
协商转让价格	$P = \frac{1}{2} \cdot (a + b - I_A + I_B)$	I_A 为买家的出价, I_B 为卖家的出价; a 为买家的最低出价, b 为卖家的最高出价	汪妮等 ^[71]
招标形成价格	$P = \frac{A + B_1 + B_2 + \dots + B_g}{g + 1}$	P 为水权招标的评标底价; B_g 为审定的招标底价, 为价格最接近 A 的 n 个投标单位的报价	吴凤平等 ^[110]
市场拍卖价格	$P_i = a_i - \frac{1}{n} (a_i - 1)$	P 为水权出售方 i 对单位水权的报价; a_i 是水权出售方对水权的估价; n 为水权出售方的数目	邓晓红等 ^[73]
集合竞价价格	$P = \frac{X_s + Y_b}{2}$	P 为一次集市交易的均衡价格; X_s 为成功交易的边际卖家的报价; Y_b 为成功交易的边际买家的报价	郑航等 ^[115]

成的影响。目前, 美国、澳大利亚等水市场较为成熟的国家都从立法层面规定水权交易不能对第三方产生有害影响, 即交易的“无损害”原则(No Injury Principle)。但是, 由于水资源的复杂性, 水权交易的第三方影响很难避免, 影响机制也非常复杂。从施加影响的主体上看, 可以分为地表水交易的影响和地下水交易的影响, 长期水权交易的影响和临时水权交易的影响; 从受影响的客体上, 包括对河道内流量过程的影响和对河道外用水的影响^[53], 对经济、文化、水文过程以及生态系统的影响, 对非买卖方的影响以及对出售水量地区其他用户的影响等等; 从影响发生机制上, 包括直接影响和间接影响^[131], 缓慢累积的影响以及快速显现的影响等等。

水权交易后买卖双方退水水量和水质的改变是造成第三方影响的主要原因。例如, 流域下游向上游出售水量时, 通过增加上游供水并减少下游用水的方式实现交易。此过程中上游增加河道取水, 会减少中游的径流量或可用水量。武翠芳等^[94]研究了张掖市甘临高灌区水权交易的退水量, 发现水权交易的退水效应主要受到交易水量规模的影响, 规模越大, 第三方受上游退水变化的影响越大。此外, 买卖双方取退水时间的变化还会影响河道内的流量过程, 包括洪峰、洪量、洪水脉冲频率等生态流量指标, 对河道内鱼类的生境产生影响。除了对生态流量的影响外, 农业节水并向工业出售水权的过程中, 灌溉入渗水量的减少会影响地表水对地下水的补充、降低地下水位, 造成植被退化以及干旱期河道基流的减少。这种影响在我国黄河流域工农业水权转换中,

引起了广泛的关注^[66, 132]。

3 研究存在的问题与建议

3.1 面向水市场的流域“水文-生态-经济”集成模型

水市场是非常复杂的生态-水文-经济-社会耦合系统。市场的有效性除了受交易决策、市场规则、运行机制以及定价或拍卖模式等影响, 还与水文过程、水资源调度能力及水权制度基础等密切相关。此外, 全面的水法、清晰定义的水权、政府行政权力在水市场中明确的定位、水权交易争端仲裁制度以及交易的第三方影响规避措施, 都是影响水市场效益发挥的因素。现有的水市场数学模型中, 大都将水资源作为一般性商品, 探讨交易决策、拍卖博弈、效益与均衡等问题, 对水资源系统的复杂性考虑不足, 水系空间关系、水库调度能力、水资源供需平衡等水文因素以及水权的制度特征、交易成本、政府责权等社会经济因素, 尚没有作为定量化的参数或约束加入模型中, 模型难以在复杂条件下实用。此外, 目前应用较广泛的水资源配置通用软件, 如 WEAP、MIKE 等, 大都欠缺水权交易模块, 难以支撑流域层面水市场的规则设计与效益评估。

建立既能描述流域二元水循环过程又能刻画用户层面水权交易行为的“水文-生态-经济”集成模型, 是解决上述问题的关键。首先, 在微观层面研究水市场条件下主体交易水权的行为特征和影响因素, 在此基础上, 应用主体建模方法和流域水资源系统模拟技术, 建立耦合主体水权交易行为的流域水资源配置集成模型。包括: 流域分布式生态水文模型、多水库联

合优化调度、水量水质联合模拟、地表地下水联合模拟、生态流量模拟、水权分配与用水总量控制、水权交易报价与匹配模拟、水市场效益与成本定量模拟等等。

3.2 基于水联网的水权交易数据监测与共享

目前,我国水权交易案例和数据仍然不足以支撑水市场的系统模拟。2016年6月至2020年12月,中国水权交易所(<http://www.cwex.org.cn/>)的成交信息中,区域间水权交易91笔,交易水量31.39亿方,以内蒙古黄河段工农业水权转换为主,占总交易量的87%。灌溉用水交易385笔,交易水量2081万方,以甘肃省武威市、河北省石家庄市以及山西省清徐县的农户交易为主,占总交易笔数的96%,其地表水平均交易价格为0.273元/m³,略高于当地地表水灌溉的水价。目前,中国水权交易所网站平台所发布的信息包括:成交水量、成交价格、交易期限、成交日期。这些数据为研究我国典型地区的水市场提供了第一手的资料。除了国家级水权交易所,我国近年来还涌现出一系列的地方性水权交易平台,包括内蒙古水权收储转让中心、河南省水权收储转让中心、宁夏水权交易平台、新疆玛纳斯县塔西河流域水权交易中心以及甘肃石羊河、疏勒河流域水权交易平台等。这些水权交易平台承担信息发布与交易撮合的中介功能,推动了当地水市场的培育和发展,但是发布的交易数据却非常有限。

需要进一步对我国的水市场案例和数据进行搜索和整理。首先,集成现有水权交易平台的数据,在成交水量和价格等数据的基础上,增加交易者空间坐标、取水位置、用水量、用水效益、交易合同以及退水情况等数据,构建涵盖流域、区域以及用户不同层面的水权交易案例数据库。第二,对于交易频次较多的工农业水权转换以及农业内部的灌溉水权交易,通过新一代信息技术破除水市场的信息屏障,对典型区域水市场运行情况及其第三方影响进行长期跟踪与观测。研究基于水联网技术的智慧水市场^[133],利用水联网的数据感知和远程传输技术,实时监测灌区水资源利用和水市场的运行,包括:渠道和闸门的水位、流量;泵站的流量和出力;田间雨情、墒情、作物类型和蒸散耗水;各级退水渠道的流量等。应用智能决策和云计算技术,预测农户的水权交易供需情况,计算节水和水权交易后灌区地表退水和地下入渗的变化,为水市场研究提供更全面的数据支撑。除此之外,对于甘肃、新疆等农业内部小额水权交易比较频繁的地区,需

要研究人员长期深入基层,开展大量的田野调查,调查农民水权交易的行为特征,挖掘储存于当地灌溉管理站所的、纸质版的水权交易协议,提取交易数据,为水市场研究积累更多的第一手资料^[134]。

4 结 论

水市场的影响因素繁多。经过20年的发展,我国的水市场研究积累了大量的成果,但是研究视角广泛、体系比较纷杂,系统性的梳理和总结性研究不足,导致新时期进一步深化水市场改革创新的突破点不清晰。本文通过梳理2000年以后中国水权交易的研究进展,提出了理论探索、技术发展和实践推广三个阶段的研究历程划分。其中,2000—2007年为理论探索阶段,主要围绕水市场在我国的必要性和可行性展开论证,探讨我国水市场的制度路径;2008—2013年为技术发展阶段,其主要特征是提出了定量数学模型用以优化水市场交易规则;2014至今为实践推广阶段,主要特征是水权交易平台相继建立,出现了基于我国实证数据的水权交易模型。

在此基础上,提出了将水权交易研究的主要内容分解为交易行为、市场效率、第三方影响三个方面,提出了我国水权交易的总体研究框架,发现有的水权交易模型大都将水资源作为一般性商品讨论定价问题,缺乏对水文循环过程、水系空间关系以及水库调度能力等因素的考虑,模型难以在复杂条件下实用。针对此问题,提出未来研究的重点方向之一是建立面向水市场的、基于水联网数据驱动的流域“水文-生态-经济”集成模型,提高水市场模型在复杂条件和变化环境下的适用性,为我国未来水市场的建设和评估提供系统的技术支撑。

参考文献(References):

- [1] EASTER K W, ROSEGRANT M W, DINAR A. Markets for water-potential and performance [M]. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [2] MARSTON L, CAI X. An overview of water reallocation and the barriers to its implementation [J]. WIREs Water, 2016, 3: 658-677.
- [3] GRAFTON R Q, LIBECAP G, MCGLENNON S, et al. An integrated assessment of water markets: A cross-country comparison [J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2011, 5(2): 219-239.
- [4] ENDO T, KALINUMA K, YOSHIKAWA S et al. Are water markets globally applicable? [J]. Environmental Research Letters, 2018: 13(3), 34032. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac08>.
- [5] HOWE C W, SCHURMEIER D R, SHAW W D. Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets [J]. Water Resources Research, 1986(22): 439-445.

- [6] ROSEGRANT M W, SCHLEYER R G, YADAV S N. Water policy for efficient agricultural diversification: market-based approaches [J]. Food Policy, 1995(20): 203-223.
- [7] EASTER K W, ROSEGRANT M W, DINAR A. Formal and informal markets for water: institutions, performance, and constraints [J]. The World Bank Research Observer, 1999(14): 99-116.
- [8] CHONG H, SUNDING D. Water markets and trading [J]. Annual Review of Environment and Resources, 2006, 31(01), 239-264.
- [9] 汪恕诚. 水权和水市场——谈实现水资源优化配置的经济手段 [J]. 中国水利, 2000(11): 6-9.
WANG Shucheng. Water rights and water market - the economic means to realize the optimal allocation of water resources [J]. China Water Resources, 2000(11): 6-9.
- [10] 胡鞍钢, 王亚华. 从东阳-义乌水权交易看我国水分配体制改革 [J]. 中国水利, 2001(6): 35-37.
HU Angang, WANG Yahua. Reform of China's a water allocation system viewing from the Dongyang-Yiwu water rights transaction [J]. China Water Resources, 2001(6): 35-37.
- [11] 苏青, 施国庆. 从东阳-义乌水权交易看我国资源配置体制改革的方向——对东阳-义乌水权交易的再认识 [J]. 水利发展研究, 2001(6): 11-12.
SU Qing, SHI Guoqing. Looking at the direction of China's water resource allocation system reform from the Dongyang-Yiwu water rights transaction: Recognition of the Dongyang-Yiwu water rights transaction [J]. Water Resources Development Press, 2001(6): 11-12.
- [12] 沈满洪. 水权交易与政府创新——以东阳义乌水权交易案为例 [J]. 管理世界, 2005(06): 45-56.
SHEN Manhong. Water rights transaction and government innovation: a case of Dongyang Yiwu water rights transaction [J]. Management World, 2005(06): 45-56.
- [13] 沈满洪. 论水权交易与交易成本 [J]. 人民黄河, 2004(07): 19-22+46.
SHEN Manhong. On dealing in water rights and cos of dealing [J]. Yellow River, 2004(07): 19-22+46.
- [14] 姜文来. 水价和水市场 [J]. 国土资源, 2002(02): 16-18+3.
JIANG Wenlai. On water price and water markets [J]. Land & Resources, 2002(02): 16-18+3.
- [15] 王亚华. 水权和水市场: 水管理发展新趋势——水管理研究综述 [J]. 经济研究参考, 2002(20): 2-8.
WANG Yahua. Water rights and water market: new trends in water management development—a summary of water management research [J]. Review of Economic Research, 2002(20): 2-8.
- [16] 李国英. 黄河水权转换的探索与实践 [J]. 中国水利, 2007(19): 30-31.
LI Guoying. Exploration and practice of water right trading in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2007(19): 30-31+40.
- [17] 李海红, 王光谦. 水权交易机理分析 [J]. 水力发电学报, 2005(4): 104-109.
LI Haihong, WANG Guangqian. Analysis of water rights transaction mechanism [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2005(4): 104-109.
- [18] 石玉波. 关于水权与水市场的几点认识 [J]. 中国水利, 2001(2): 31-32.
SHI Yubo. Comments on water rights and water market [J]. China Water Resources, 2001(2): 31-32.
- [19] 姜楠, 梁爽, 谷树忠. 中国产业间水权交易潜力及制约因素初步分析 [J]. 资源科学, 2005(5): 90-95.
JIANG Nan, LIANG Shuang, GU Shuzhong. Potential and restrictive factors of water rights transaction in China's industries [J]. Resources Science, 2005(5): 90-95.
- [20] 祁正卫. 关于水利的理论创新和体制创新问题——兼论水权、水市场的实践性 [J]. 水利发展研究, 2001(5): 4-6.
QI Zhengwei. On the theoretical innovation and system innovation of water conservancy——on the practicality of water rights and water market [J]. Water Resources Development Press, 2001(5): 4-6.
- [21] 夏继红, 詹红丽. 节水型社会水市场特征及其形成条件 [J]. 节水灌溉, 2007(6): 4-6.
XIA Jihong, ZHAN Hongli. Characteristics and formation conditions of water market in water-saving society [J]. Water Saving Irrigation, 2007(6): 4-6.
- [22] 钟玉秀. 对水权交易价格和水市场立法原则的初步认识 [J]. 水利发展研究, 2001(4): 14-16.
ZHONG Yuxiu. Preliminary understanding of water rights transaction price and water market legislation principles [J]. Water Resources Development Press, 2001(4): 14-16.
- [23] 李铮. 关于水权及水权交易的若干法理思考 [J]. 水土保持学报, 2002(6): 151-153.
LI Zheng. Several legal thoughts on water rights and water rights transactions [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002(6): 151-153.
- [24] 李慧明, 左晓利. 水权交易: 交易的“权”是什么? [J]. 生态经济(学术版), 2007(2): 2-5.
LI Huiming, ZUO Xiaoli. Water rights transition: Water rights to transit [J]. Ecological Economy, 2007(2): 2-5.
- [25] 彭新育, 沈群. 建立水市场的成本估计框架 [J]. 生态经济, 2007(7): 65-68.
PENG Xinyu, SHEN Qun. Framework for measuring transaction cost of water market [J]. Ecological Economy, 2007(7): 65-68.
- [26] 李原园, 刘戈力, 高弋绢. 水市场与水权交易 [J]. 水利规划与设计, 2004(2): 9-12.
LI Yuanyuan, LIU Geli, GAO Yijuan. Water market and water rights transaction [J]. Water Resources Planning and Design, 2004(2): 9-12.
- [27] 张仁田, 鞠茂森, ZOU Jinzhang. 澳大利亚的水改革、水市场和水权交易 [J]. 水利水电科技进展, 2001(2): 65-68.
ZHANG Rentian, JU Maosen, ZOU Jinzhang. Water reform, water market and water rights trading in Australia [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2001(2): 65-68.

- [28] 陈美章,张淑华. 赴南非水价、水权与水市场管理及其相关政策考察报告[J]. 水利经济,2002(2): 59-64.
CHEN Meizhang, ZHANG Shuhua. Investigation report on water price, water rights and water market management and related policies in South Africa[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2002(2): 59-64.
- [29] 王金霞,黄季焜. 国外水权交易的经验及对中国的启示[J]. 农业技术经济,2002(5): 56-62.
WANG Jinxia, HUANG Jikun. Experience of foreign water rights trading and its enlightenment to China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2002(5): 56-62.
- [30] 梁波,姜翔程. 水权与水权交易的制度分析——南加州科罗拉多河的水资源管理对我国的启示[J]. 水利经济,2006(2): 26-28.
LIANG Bo, JIANG Xiangcheng. Analysis of system for water right and water right trading-Inspirations of [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2006(2): 26-28.
- [31] 张郁,吕东辉,秦丽杰. 水权交易市场构想[J]. 中国人口. 资源与环境,2001(4): 60-62.
ZHANG Yu, LYU Donghui, QIN Lijie. A plan for water property right transaction market[J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2001(4): 60-62.
- [32] 萧代基,刘莹,洪鸣丰. 水权交易比率制度的设计与模拟[J]. 经济研究,2004(6): 69-77.
XIAO Daiji, LIU Ying, HONG Mingfeng. A trading-ratio system for water market[J]. Economic Research Journal, 2004(6): 69-77.
- [33] 杨彦明,王晓娟. 水权转换与我国水权制度建设的途径[J]. 水利经济,2008(2): 18-21.
YANG Yanming, WANG Xiaojuan. Water rights transfer and establishment of China water rights system [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2008(2): 18-21.
- [34] 裴丽萍. 可交易水权论[J]. 法学评论,2007(4): 44-54.
PEI Liping. On tradable water rights [J]. Law Review, 2007(4): 44-54.
- [35] 肖国兴. 论中国水权交易及其制度变迁[J]. 管理世界,2004(4): 51-60.
XIAO Guoxing. On China's water rights transaction and its system changes[J]. Management World, 2004(4): 51-60.
- [36] 安新代,殷会娟. 国内外水权交易现状及黄河水权转换特点[J]. 中国水利,2007(19): 35-37.
AN Xindai, YIN Huijuan. Current situation of water right trading home and abroad and feature of water right transfer in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2007(19): 35-37.
- [37] 张文鸽,胡玉荣,陈连军. 黄河水权转换期限研究[J]. 中国水利,2007(19): 54-55.
ZHANG Wenge, HU Yurong, CHEN Lianjun. Studies on time limit of water right transfer in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2007(19): 54-55.
- [38] 裴勇,殷会娟,王铁民. 黄河水权转换价格研究[J]. 中国水利,2007(19): 56-58.
PEI Yong, YIN Huijuan, WANG Tiemin. Studies on price of water right transfer in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2007(19): 56-58.
- [39] 姜丙洲,章博,李恩宽. 内蒙古水权转换试验区监测效果分析[J]. 中国水利,2007(19): 47-48.
JIANG Bingzhou, ZHANG Bo, LI Enkuan. Examination on monitoring result of water right trading area in Inner Mongolia [J]. China Water Resources, 2007(19): 47-48.
- [40] 李金晶,于咏梅,张海峰. 黄河水权转换农业风险补偿费用测算方法研究[J]. 中国水利,2009(17): 28-30+33.
LI Jinjing, YU Yongmei, ZHANG Haifeng. Study on measuring methods of agriculture risk compensation of water right transfer in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2009(17): 28-30+33.
- [41] 何宏谋,薛建国,邢芳. 黄河水权转换中的补偿机制研究[J]. 中国水利,2007(19): 59-61.
HE Hongmou, XUE Jianguo, XING Fang. Studies on compensation system of water right transfer in Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2007(19): 59-61.
- [42] 严冬,夏军,周建中. 基于外部性消除的行政区水权交易方案设计[J]. 水电能源科学,2007(1): 10-13.
YAN Dong, XIA Jun, ZHOU Jianzhong. Design of administrative district water rights transaction scheme based on the elimination of externalities [J]. Water Resources and Power, 2007(1): 10-13.
- [43] 李月,贾绍凤. 水权制度选择理论——基于交易成本、租值消散的研究[J]. 自然资源学报,2007(5): 692-700.
LI Yue, JIA Shaofeng. Theory of institutional selection of water rights: transaction costs and dissipation of rent [J]. Journal of Natural Resources, 2007(5): 692-700.
- [44] 陆益龙. 水权水市场制度与节水型社会的建设[J]. 南京社会科学,2009(7): 94-100.
LU Yilong. Water rights and water market system and the construction of a water-saving society [J]. Nanjing Journal of Social Sciences, 2009(7): 94-100.
- [45] 席平健,周妮娜. “水权交易”实践模式之比较研究[J]. 南方经济,2005(5): 33-36.
XI Pingjian, ZHOU Nina. Comparative research on the practice mode of water rights trading [J]. South China Journal of Economics, 2005(5): 33-36.
- [46] 王亚华. 关于我国水价、水权和水市场改革的评论[J]. 中国人口. 资源与环境,2007(5): 153-158.
WANG Yahua. An evaluation on the institutional reforms of water pricing water right and water market in China [J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2007(5): 153-158.
- [47] 张婕,王济干. 水权交易管理比较研究[J]. 生态经济,2008(9): 68-71.
ZHANG Jie, WANG Jigan. Comparative study on water right trade management [J]. Ecological Economy, 2008(9): 68-71.
- [48] 李国英. 黄河水权转换成效及进一步开展的目标与措施[J]. 中国水利,2010(3): 9-11.

- LI Guoying. Achievements of water right transfer in Yellow River Basin and its further developing objectives and measures [J]. China Water Resources, 2010(3): 9-11.
- [49] 陈虹. 世界水权制度与水交易市场 [J]. 社会科学论坛, 2012(1): 134-161.
CHEN Hong. Global water rights system and water exchange market [J]. Tribune of Social Sciences, 2012(1): 134-161.
- [50] 龙爱华, 徐中民, 王浩, 等. 水权交易对黑河干流种植业的经济影响及优化模拟 [J]. 水利学报, 2006, 37(11): 1329-1335.
LONG Aihua, XU Zhongmin, WANG Hao, et al. Potential impacts on plant economics of water trade in the mainbody of Heihe River and an optimal distribution of water entitlements [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(11): 1329-1335.
- [51] 孟戈, 王先甲. 水权交易的效率分析 [J]. 系统工程, 2009, 27(5): 121-123.
MENG Ge, WANG Xianjia. Analysis on the efficiency of water right trade [J]. Systems Engineering, 2009, 27(5): 121-123.
- [52] 田前进. 交易成本对水权市场的影响分析 [J]. 水利水电科技进展, 2006(4): 75-77.
TIAN Qianjin. Impact of transaction costs on water right market [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006(4): 75-77.
- [53] 马晓强, 韩锦绵. 水权交易第三方效应辨识研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(12): 85-91.
MA Xiaoqiang, HAN Jinmian. Identification of the third party effects in the process of water property rights transaction [J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2011, 21(12): 85-91.
- [54] 刘红梅, 王克强, 郑策. 水权交易中第三方回流问题研究 [J]. 财经科学, 2006(1): 58-65.
LIU Hongmei, WANG Keqiang, ZHENG Ce. Research on the third party return in water rights transaction [J]. Finance & Economics, 2006(1): 58-65.
- [55] 李鸿雁. 黄河水权转换农业风险补偿主体确定分析 [J]. 世界农业, 2011(9): 78-82.
LI Hongyan. Analysis on the determination of the main body of agricultural risk compensation for the Yellow River water right conversion [J]. World Agriculture, 2011(9): 78-82.
- [56] 张军连. 可交易水权制度中的相互监督机制 [J]. 中国农村经济, 2007(9): 53-59.
ZHANG Junlian. Mutual supervision mechanism in tradable water rights system [J]. Chinese Rural Economy, 2007(9): 53-59.
- [57] 郭柯星. 反思与超越: 水权交易中公民参与维度的构建 [J]. 成都理工大学学报(社会科学版), 2011, 19(6): 16-20.
GUO Kexing. Reflection and beyond: the contribution of dimensions of citizen participation in water rights trade [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Social Sciences), 2011, 19(6): 16-20.
- [58] 陆文聪, 覃琼霞. 以节水和水资源优化配置为目标的水权交易机制设计 [J]. 水利学报, 2012, 43(3): 323-332.
LU Wencong, QIN Qiongxia. Water rights transactions mechanism design based on water resources optimization deployment and water conservation [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 43(3): 323-332.
- [59] 陈志松, 王慧敏. 基于水市场生命周期的水资源管理模式及其演进 [J]. 节水灌溉, 2008(3): 44-48.
CHEN Zhisong, WANG Huimin. Water resources management model and its evolution based on the life cycle of water market [J]. Water Saving Irrigation, 2008(3): 44-48.
- [60] 殷会娟, 何宏谋, 张文鸽. 黄河水市场的构建研究 [J]. 人民黄河, 2011, 33(6): 42-43.
YIN Huijuan, HE Hongmou, ZHANG Wenge. Research on the construction of the Yellow River water market [J]. Yellow River, 2011, 33(6): 42-43.
- [61] 李珂. 对黑河流域水权交易制度建设的思考 [J]. 重庆科技学院学报(社会科学版), 2010(3): 72-74.
LI Ke. Thoughts on the construction of water rights trading system in the Heihe River Basin [J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Social Sciences Edition), 2010(3): 72-74.
- [62] 葛颜祥, 周玉玺, 张维. 地下水可交易水权制度框架及其作用研究 [J]. 水利经济, 2010, 28(3): 25-27.
GE Yanxiang, ZHOU Yuxi, ZHANG Wei. Framework and role of tradable water right system of groundwater [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2010, 28(3): 25-27.
- [63] 段凯, 肖伟华, 梅亚东, 等. 丰水城市建立水权交易制度的驱动力与策略分析 [J]. 长江科学院院报, 2012, 29(3): 7-12.
DUAN Kai, XIAO Weihua, MEI Yadong, et al. Driving forces and strategies of building water rights trading system in water-abundant cities [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2012, 29(3): 7-12.
- [64] 乔晋, 苏景柱, 张建国. 关于构建东江流域水权交易市场的思考 [J]. 中国水运(下半月), 2012, 12(11): 26-27.
QIAO Jin, SU Jingzhu, ZHANG Jianguo. Thoughts on the construction of water rights trading market in the Dongjiang River Basin [J]. China Water Transport, 2012, 12(11): 26-27.
- [65] 贺骥, 王海锋. 我国需要探索建立城市用水权交易制度 [J]. 水利发展研究, 2009, 9(5): 1-3.
HE Ji, WANG Haifeng. China needs to explore the establishment of urban water rights trading system [J]. Water Resources Development Press, 2009, 9(5): 1-3.
- [66] 王亚华, 田富强. 对黄河水权转换试点实践的评价和展望 [J]. 中国水利, 2010(1): 21-25.
WANG Yahua, TIAN Fuqiang. Evaluation and prospect on the pilot program of water right transfer in the Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2010(1): 21-25.
- [67] 尹云松, 糜仲春, 刘亮. 流域内不同地区间水权交易的博弈模型研究 [J]. 水利经济, 2004(6): 5-7.
YIN Yunsong, MI Zhongchun, LIU Liang. Research on game model of water rights trading among different regions in a river basin [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2004(6): 5-7.

- [68] 李长杰,王先甲,范文涛. 水权交易机制及博弈模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007(5): 90-94.
LI Changjie, WANG Xianjia, FAN Wentao. Design of mechanism and Bayesian model of water rights market[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007(5): 90-94.
- [69] 孔珂,解建仓,岳新利,等. 水市场的博弈分析[J]. 水利学报, 2005, 36(4): 491-495.
KONG Ke, XIE Jiancang, YUE Xinli, et al. Game analysis of water resources market [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(4): 491-495.
- [70] 陈洪转,羊震,杨向辉. 我国水权交易博弈定价决策机理[J]. 水利学报, 2006(11): 1407-1410.
CHEN Hongzhan, YANG Zhen, YANG Xianghui. Price decision mechanics of Chinese water right trade in terms of game playing [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006(11): 1407-1410.
- [71] 汪妮,张建龙,解建仓,等. 基于讨价还价模型的水权动态转换价格[J]. 武汉大学学报(工学版), 2012, 45(1): 29-33.
WANG Ni, ZHANG Jiancang, XIE Jiancang, et al. Dynamic water rights conversion price based on bargaining model [J]. Journal of Wuhan University, 2012, 45(1): 29-33.
- [72] 陈文艳,曹升乐. 改进的双边叫价拍卖模型在水权交易中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2010(3): 123-125.
CHEN Wenyan, CAO Shengle. Application of improved bilateral auction model in water rights trading [J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(3): 123-125.
- [73] 邓晓红,钟方雷. 水权交易多轮一阶密封投标拍卖定价研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(3): 117-120.
DENG Xiaohong, ZHONG Fanglei. Research on the pricing of multi-round first-order sealed bidding auction for water rights transaction [J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(3): 117-120.
- [74] 罗慧,李良序,王梅华,等. 水权准市场交易模型及市场均衡分析[J]. 水利学报, 2006, 57(4): 492-498.
LUO Hui, LI Liangxu, WANG Meihua, et al. Water rights quasi-market transaction model and market equilibrium analysis [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 57(4): 492-498.
- [75] 晏成明,唐德善. 跨区域非固定调水市场博弈分析[J]. 水电能源科学, 2009, 27(4): 155-157.
YAN Chengming, TANG Deshan. Game analysis of cross-regional non-fixed water transfer market [J]. Water Resources and Power, 2009, 27(4): 155-157.
- [76] 王慧,刘金平,侯艳红,等. 基于期权契约的链状交易结构水市场最优策略[J]. 统计与决策, 2013(19): 48-51.
WANG Hui, LIU Jinping, HOU Yanhong, et al. The optimal strategy of water market with chain trading structure based on option contract [J]. Statistics & Decision, 2013(19): 48-51.
- [77] 胡晓寒,纪昌明,王丽萍. 基于优化和博弈理论的农业用户间水权交易分析[J]. 水利学报, 2010, 41(5): 608-612.
HU Xiaohan, JI Changming, WANG Liping. Analysis on water right transaction among agricultural water users based on optimization and game theory [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(5): 608-612.
- [78] 唐润,王慧敏,王海燕. 水权交易市场中的讨价还价问题研究[J]. 中国人口. 资源与环境, 2010, 20(10): 137-141.
TANG Run, WANG Huimin, WANG Haiyan. Study on the bargaining in water right trading market [J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2010, 20(10): 137-141.
- [79] 王慧敏,佟金萍,林晨,等. 基于CAS的水权交易模型设计与仿真[J]. 系统工程理论与实践, 2007(11): 164-170+176.
WANG Huimin, TONG Jinping, LIN Chen, et al. CAS-based modeling and simulation of water rights trading [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007(11): 164-170+176.
- [80] 张郁,吕东辉,苏明涛. 南水北调中线水市场机制的实验研究[J]. 水利经济, 2012, 30(4): 1-3.
ZHANG Yu, LYU Donghui, SU Mingtao. Double auction mechanism for middle route project of South-to-North Diversion using laboratory experiments [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2012, 30(4): 1-3.
- [81] 李晶,王晓娟,陈金木. 完善水权水市场建设法制保障探讨[J]. 中国水利, 2015(5): 13-15.
LI Jing, WANG Xiaojuan, CHEN Jinmu. Protecting of the legal system for improving of water rights market construction [J]. China Water Resources, 2015(5): 13-15.
- [82] 沈大军,余旭东,张萌,等. 水权交易条件研究[J]. 水利水电技术, 2016, 47(9): 117-121.
SHEN Dajun, YU Xudong, ZHANG Meng, et al. Study on water right trad conditions [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2016, 47(9): 117-121.
- [83] 钟玉秀. 水权制度建设及水权交易实践中若干关键问题的解决对策[J]. 中国水利, 2016(1): 12-15.
ZHONG Yuxiu. Issues related on water right system and entitlement trading and solutions [J]. China Water Resources, 2016(1): 12-15.
- [84] 田贵良. 关于水权交易全过程实行行业强监管的若干思考[J]. 中国水利, 2019(20): 45-47.
TIAN Guiliang. Thoughts on implementing strong supervision of the industry in the whole process of water rights trading [J]. China Water Resources, 2019(20): 45-47.
- [85] 王寅,周维伟,范景铭,等. 公共管网合同节水量参与水权交易的模式研究[J]. 水利经济, 2019, 37(6): 76-79.
WANG Yin, ZHOU Weiwei, FAN Jingming, et al. Water trading mode for amounts of contract water-saving management of public network [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019, 37(6): 76-79.
- [86] 张建斌. 金融支持水权交易: 内生逻辑、运作困境和政策选择[J]. 经济研究参考, 2015(55): 9-16.
ZHANG Jianbin. Financial support for water rights trading: endogenous logic, operational dilemma and policy choice [J]. Review of Economic Research, 2015(55): 9-16.
- [87] 刘敏. “准市场”与区域水资源问题治理——内蒙古清水区水权

- 转换的社会学分析[J]. 农业经济问题, 2016, 37(10): 41-50+110-111.
- LIU Min. "Quasi-market" and regional governance of water resources problem: A sociological analysis of transfer of water rights in Qingshui District, Inner Mongolia[J]. Issues in Agricultural Economy, 2016, 37(10): 41-50+110-111.
- [88] 任海军, 郭莉. 农地流转与水权交易的相互影响机制研究[J]. 开发研究, 2012(1): 97-100.
- REN Haijun, GUO Li. A study on the interaction mechanism between agricultural land circulation and water rights trading[J]. Research On Development, 2012(1): 97-100.
- [89] 张建斌, 张雅丽, 朱雪敏. 水权交易“量质统一”管理的现实考量与政策选择[J]. 水利发展研究, 2020, 20(2): 30-34.
- ZHANG Jianbin, ZHANG Yali, ZHU Xuemin. Realistic consideration and policy choice of "unity of quantity and quality" management of water right transaction [J]. Water Resources Development Research, 2020, 20(2): 30-34.
- [90] 田贵良, 李晓宇, 刘吉宁. 从不完整契约视角分析水权交易应对跨境水资源冲突[J]. 资源与产业, 2020, 22(3): 43-50.
- TIAN Guiliang, LI Xiaoyu, LIU Jining. Path to trans-region water resource conflicts by water right trading viewing from incomplete contract [J]. Resources & Industries, 2020, 22(3): 43-50.
- [91] 陈金木, 李晶, 王晓娟, 等. 可交易水权分析与水权交易风险防范[J]. 中国水利, 2015(5): 9-12.
- CHEN Jinmu, LI Jing, WANG Xiaojuan, et al. Analysis of tradable water rights and risk prevention of water rights trading [J]. China Water Resources, 2015(5): 9-12.
- [92] 张建斌. 黄河流域水权交易潜在风险规避路径研究[J]. 财经理论研究, 2016(5): 25-37.
- ZHANG Jianbin. Research on the dynamic mechanism of water rights trading risk prevention in the Yellow River Basin [J]. Journal of Financial and Economic Theory, 2016(5): 25-37.
- [93] 李春晖, 孙炼, 张楠, 等. 水权交易对生态环境影响研究进展[J]. 水科学进展, 2016, 27(2): 307-316.
- LI Chunhui, SUN Lian, ZHANG Nan, et al. Advances in ecological environment impacts of water trading [J]. Advances in Water Science, 2016, 27(2): 307-316.
- [94] 武翠芳, 熊金辉, 邓晓红, 等. 水权交易中第三方回流效应分析——以张掖市甘临高地区为例[J]. 冰川冻土, 2018, 40(2): 404-414.
- WU Cuifang, XIONG Jinhui, DENG Xiaohong, et al. Effect of return flows of third party in water rights transaction: a case study in Zhangye Prefecture [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(2): 404-414.
- [95] 石腾飞. 灌溉水权转换与农户利益的关联度[J]. 重庆社会科学, 2015(1): 15-20.
- SHI Tengfei. Association between irrigation water right transfer and farmers' interests [J]. Chongqing Social Sciences, 2015(1): 15-20.
- [96] 郑航, 许婷婷, 李鹏学, 等. 干旱流域自流灌区农户水权交易行为分析[J]. 水利发展研究, 2016, 16(5): 11-16.
- ZHENG Hang, XU Tingting, LI Pengxue, et al. Analysis of farmers' water rights trading behavior in gravity irrigation areas in arid basin [J]. Water Resources Development Press, 2016, 16(5): 11-16.
- [97] 王丽珍, 黄跃飞, 王光谦, 等. 巴彦淖尔市水市场水权交易模型研究[J]. 水力发电学报, 2015, 34(6): 81-87.
- WANG Lizhen, HUANG Yuefei, WANG Guangqian, et al. Study on water right trade model for the water market of Bayannur city [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2015, 34(6): 81-87.
- [98] 马海峰, 王景山, 鲍子云, 等. 宁夏水权交易试点实施技术方案研究——以中宁县农业节水向工业流转为例[J]. 中国农村水利水电, 2017(1): 167-170.
- MA Haifeng, WANG Jingshan, BAO Ziyun, et al. Research on the technical plan for the pilot implementation of water rights trading in Ningxia: taking Zhongning County as an example [J]. China Rural Water and Hydropower, 2017(1): 167-170.
- [99] 李昊洋, 胡晓铭, 戴晶晶. 湖州市天子岗工业园区水权交易制度探究[J]. 水利规划与设计, 2017(11): 128-131.
- LI Haoyang, HU Xiaoming, DAI Jingjing. Research on water rights trading system in Tianzigang Industrial Park, Huzhou City [J]. Water Resources Planning and Design, 2017(11): 128-131.
- [100] 周王莹, 李洪任. 南方丰水地区水权交易制度体系构建——以江西省为例[J]. 人民长江, 2017, 48(14): 37-40.
- ZHOU Wangying, LI Hongren. Construction of water rights trading system in southern water-rich region: case of Jiangxi Province [J]. Yangtze River, 2017, 48(14): 37-40.
- [101] 郑航, 刘悦忆, 冯景泽, 等. 流域水权制度体系框架及其在东江的分析应用[J]. 水利水电技术, 2019, 50(10): 60-67.
- ZHENG Hang, LIU Yueyi, FENG Jingze, et al. Watershed water right system framework and its application in Dongjiang River [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50(10): 60-67.
- [102] 魏丽燕, 郑航, 刘悦忆. 基于 WEAP 模型的广东省东江流域水资源配置及水市场分析[J]. 东莞理工学院学报, 2020, 27(1): 78-84.
- WEI Liyan, ZHENG Hang, LIU Yueyi. Analysis of water resources allocation and water market in Dongjiang Basin of Guangdong Province based on WEAP model [J]. Journal of Dongguan University of Technology, 2020, 27(1): 78-84.
- [103] 刘世庆, 巨栋, 林睿. 跨流域水权交易实践与水权制度创新——化解黄河上游缺水问题的新思路[J]. 宁夏社会科学, 2016(6): 99-103.
- LIU Shiqing, JU Dong, LIN Rui. Cross-basin water rights trading practice and water rights system innovation: a new way of resolving the problem of water shortage in the upper reaches of the Yellow River [J]. Social Sciences in Ningxia, 2016(6): 99-103.
- [104] 蒋强, 赵巍, 阿周源源, 等. 水权交易对贫困山区影响——以四川秦巴山区为例[J]. 国土资源科技管理, 2016, 33(4): 64-69.

- JIANG Qiang, ZHAO Wei, AZHOU Yuanyuan, et al. Impact of water trading on poverty-stricken villages: A case study of Qinba Mountain Areas in Sichuan Province [J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2016, 33(4): 64-69.
- [105] 王小刚. 白洋淀流域水权交易制度研究 [J]. *中国国土资源经济*, 2018, 31(10): 59-65.
WANG Xiaogang. A study on water property trade system in Baiyandian River Basin [J]. *Natural Resource Economics of China*, 2018, 31(10): 59-65.
- [106] 张建岭, 龚明, 赵培培, 等. 基于节水增效目标的河南省南水北调受水区水权交易模型 [J]. *中国农村水利水电*, 2017(10): 158-162+168.
ZHANG Jianling, DOU Ming, ZHAO Peipei, et al. Water right trade model for Henan intake area of water transfer project from South-to-North (Middle Route) based on water-saving and benefit-increasing target [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2017(10): 158-162+168.
- [107] 郭晖, 陈向东, 刘钢. 南水北调中线工程水权交易实践探析 [J]. *南水北调与水利科技*, 2018, 16(3): 175-182.
GUO Hui, CHEN Xiangdong, LIU Gang. Study on the practices of water rights trading in South-to-North water diversion Middle Route Project [J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2018, 16(3): 175-182.
- [108] 王寅. 青岛市水权交易潜力分析与水市场培育建议 [J]. *水利发展研究*, 2018, 18(8): 22-25.
WANG Yin. Potential analysis of water rights trading in Qingdao and suggestions for water market cultivation [J]. *Water Resources Development Press*, 2018, 18(8): 22-25.
- [109] 殷会娟, 张文鸽, 张银华. 基于价值流理论的水权交易价格定价方法 [J]. *水利经济*, 2017, 35(2): 53-55+74+77-78.
YIN Huijuan, ZHANG Wenge, ZHANG Yinhu. Pricing method of water right trading based on value flow theory [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2017, 35(2): 53-55+74+77-78.
- [110] 吴凤平, 于倩雯, 沈俊源, 等. 基于市场导向的水权交易价格形成机制理论框架研究 [J]. *中国人口. 资源与环境*, 2018, 28(7): 17-25.
WU Fengping, YU Qianwen, SHEN Junyuan, et al. Theoretical framework of market-oriented pricing mechanism for water rights transaction [J]. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 2018, 28(7): 17-25.
- [111] 许长新, 杨李华. 中国水权交易市场中的信息不对称程度分析 [J]. *中国人口. 资源与环境*, 2019, 29(9): 127-135.
XU Changxin, YANG Lihua. An empirical study of information asymmetry in China's water market [J]. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 2019, 29(9): 127-135.
- [112] 吴凤平, 李滢. 基于买卖双方影子价格的水权交易基础定价模型研究 [J]. *软科学*, 2019, 33(8): 85-89.
WU Fengping, LI Ying. Research on the basic pricing model of water rights trading based on the shadow price of buyers and sellers [J]. *Soft Science*, 2019, 33(8): 85-89.
- [113] 张文鸽, 谭力, 李皓冰. 基于模糊识别的水权交易价格收益系数研究 [J]. *人民黄河*, 2019, 41(6): 44-48.
ZHANG Wenge, TAN Li, LI Haobing. Study on profit coefficient of the price of water rights trading based on Fuzzy recognition [J]. *Yellow River*, 2019, 41(6): 44-48.
- [114] 陈艳萍, 朱瑾, 吴凤平. 我国水权交易价格研究综述——基于 CiteSpace 的可视化图谱分析 [J]. *水利经济*, 2020, 38(4): 60-67+84.
CHEN Yanping, ZHU Jin, WU Fengping. Literature review of water rights transaction price: visual atlas analysis based on CiteSpace [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2020, 38(4): 60-67+84.
- [115] 郑航, 陈奔, 林木. 基于集市型水权交易模型的报价行为 [J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2017, 57(4): 351-356.
ZHENG Hang, CHEN Ben, LIN Mu. Bidding behavior in an optimal water trading model [J]. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2017, 57(4): 351-356.
- [116] 刘钢, 杨柳, 石玉波, 等. 准市场条件下的水权交易双层动态博弈定价机制实证研究 [J]. *中国人口. 资源与环境*, 2017, 27(4): 151-159.
LIU Gang, YANG Liu, SHI Yubo, et al. Empirical study on double layer dynamic game price decision mechanics of water rights transaction under Quasi-Market [J]. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 2017, 27(4): 151-159.
- [117] 田贵良, 贾萌. 基于案例观察的交易主体异质性的水权价格的影响 [J]. *水利经济*, 2019, 37(2): 31-35+86.
TIAN Guiliang, JIA Meng. Influences of heterogeneity of transaction subject on price of water rights based on case observation [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2019, 37(2): 31-35+86.
- [118] 田贵良, 贾萌. 水权价格影响因素实证研究——基于国家平台交易的经验证据 [J]. *资源与产业*, 2019, 21(1): 88-94.
TIAN Guiliang, JIA Meng. Empirical study on water right price influencing factors based on national trading platform data [J]. *Resources & Industries*, 2019, 21(1): 88-94.
- [119] 李长杰, 王先甲, 郑旭荣. 基于 Internet 的水权拍卖交易系统的设计 [J]. *中国农村水利水电*, 2006(4): 39-41+44.
LI Changjie, WANG Xianjia, ZHENG Xurong. Design of water rights auction and trading system based on Internet [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2006(4): 39-41+44.
- [120] 张琛, 解建仓, 汪妮, 等. 基于网格技术的动态水权转换管理平台研究 [J]. *水资源与水工程学报*, 2010, 21(2): 42-45+48.
ZHANG Chen, XIE Jiancang, WANG Ni, et al. Research on dynamic water right conversion management platform based on grid technology [J]. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2010, 21(2): 42-45+48.
- [121] 任政, 陈玲. 综合集成研讨厅在水权交易价格形成中的应用 [J]. *人民黄河*, 2012, 34(6): 86-88.
REN Zheng, CHEN Ling. Application of hall for workshop of meta

- synthetic in water rights trade price formation [J]. *Yellow River*, 2012, 34(6): 86-88.
- [122] 王俊杰, 李淼, 高磊. 关于当前水权交易平台发展的总结与建议[J]. *水利发展研究*, 2017, 17(11): 94-97.
WANG Junjie, LI Miao, GAO Lei. Summary and suggestions on the development of current water rights trading platforms [J]. *Water Resources Development Press*, 2017, 17(11): 94-97.
- [123] 田贵良, 顾少卫. 从金融属性看中国水权交易平台的发展[J]. *人民珠江*, 2019, 40(6): 130-137.
TIAN Guiliang, GU Shaowei. The development of China's water right trading platform from the perspective of financial attributes [J]. *Pearl River*, 2019, 40(6): 130-137.
- [124] 周维伟, 高磊. 我国水权交易平台的建设进展与对策建议[J]. *海河水利*, 2020(2): 11-13+18.
ZHOU Weiwei, GAO Lei. Construction progress of water rights trading platform in China and Countermeasures [J]. *Haihe Water Resources*, 2020(2): 11-13+18.
- [125] 刘云杰, 刘睿, 邓延利, 等. 区块链技术在国家水权交易系统中的应用[J]. *水利经济*, 2020, 38(4): 55-59+83-84.
LIU Yunjie, LIU Rui, DENG Yanli, et al. Application of blockchain technology in national water right transaction system of China [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2020, 38(4): 55-59+83-84.
- [126] 王鹏全, 吴元梅, 张霞. 集成水联网和水权交易的灌区智能管理技术[J]. *人民黄河*, 2018, 40(11): 154-157+162.
WANG Pengquan, WU Yuanmei, ZHANG Xia. Intelligent management technology of irrigation area based on integrated internet of water and water rights trading [J]. *Yellow River*, 2018, 40(11): 154-157+162.
- [127] XU T, ZHENG H, LIU Y, et al. Assessment of the water market in the Xiyang irrigation district, Shiyang River basin, China [J]. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2016, 142(8): 4016021.
- [128] ZHAO J, CAI X, WANG Z. Comparing administered and market-based water allocation systems through a consistent agent-based modeling framework [J]. *Journal of Environmental Management*, 2013, 123(15): 120-130.
- [129] DU E, CAI X, BROZOVIC N, et al. Evaluating the impacts of farmers' behaviors on a hypothetical agricultural water market based on double auction [J]. *Water Resources Research*, 2017, 53: 4053-4072. <https://doi.org/10.1002/2016WR019804>.
- [130] 吴丽, 周惠成. 基于合作博弈的水权交易模型研究. *水利发电学报* [J], 2012, 31(3): 53-58.
WU Li, ZHOU Huicheng. Study of the cooperative game model for water rights trade [J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2012, 31(3): 53-58.
- [131] 韩锦绵, 马晓强. 水权交易第三方效应的类型和成因初探[J]. *生态经济*, 2012(4): 35-38.
HAN Mianmian, MA Xiaoqiang. On the third party effects of water rights transactions: types and causes [J]. *Ecological Economy*, 2012(4): 35-38.
- [132] 沈大军, 阿丽古娜, 陈琛. 黄河流域水权制度的问题、挑战和对策[J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 46-56.
SHEN Dajun, ALI Guna, CHEN Chen. Water rights system in the Yellow River Basin: Problems, challenges, and suggestions [J]. *Resources Science*, 2020, 42(1): 46-56.
- [133] 王忠静, 王光谦, 王建华, 等. 基于水联网及智慧水利提高水资源效能[J]. *水利水电技术*, 2013, 44(1): 1-6.
WANG Zhongjing, WANG Guangqian, WANG Jianhua, et al. Developing the internet of water to prompt water utilization efficiency [J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2013, 44(1): 1-6.
- [134] 郑航, 王忠静, 赵建世. 水权分配、管理及交易: 理论与实务[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2019.
ZHENG Hang, WANG Zhongjing, ZHAO Jianshi. Water rights allocation, management and trading: theory, technology and practice [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2019.

(责任编辑 王海锋)