

DOI: 10.14042/j.cnki.32.1309.2016.02.016

水权交易对生态环境影响研究进展

李春晖¹, 孙 炼¹, 张 楠¹, 王 烜^{2,3}, 蔡宴朋^{2,3}, 徐 萌^{1,4}

(1. 北京师范大学环境学院水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 北京师范大学环境学院北京市流域环境生态修复与综合调控工程技术中心, 北京 100875;

3. 北京师范大学水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875; 4. 浙江财经大学, 浙江 杭州 310018)

摘要: 在经济社会发展受到区域水资源总量限制的情况下, 水权交易作为解决当今世界严峻水资源危机的重要手段之一, 已在国内外进行了广泛的实践。水权交易改变了水资源的时空配置, 对水生态和水环境产生有利或不利的影 响, 然而关于水权交易对生态环境影响的研究尚未有系统的梳理。总结了水权交易对水资源系统影响研究的主要发展历程, 着重论述了水权交易对水资源系统影响的 4 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。未来应当加强水权交易对生态环境影响的定量研究, 进一步提升水权交易对水质、地下水、退水、陆生生态环境影响的研究, 明确不同交易类型的不同影响, 还应考虑不确定性因素的影响。

关键词: 水权交易; 生态环境水权; 水量; 水质; 水生态; 生态环境影响

中图分类号: X171.1; G353.11

文献标志码: A

文章编号: 1001-6791(2016)02-0307-10

经济社会的不断发展, 对水资源的需求越来越大。在中国北方及世界其他干旱、半干旱等水量型缺水地区, 有限的水资源已经成为制约社会经济发展的主要瓶颈。在区域或行业用水指标受到严格控制、初始水权已分配的情况下, 应用水权理论对水资源进行有效配置, 建立水权交易市场, 引导水资源向高效益、高效率方向转移, 是解决这一影响经济社会发展难题的有效途径^[1-2]。

水权理论起源于国外, 20 世纪 80 年代以美国、澳大利亚为代表的西方国家开始逐步建立了水权交易机制。中国自 2000 年水利部首次提出水权理论以来, 水权及水权交易理论和实践在中国迅速兴起, 并取得许多成功经验。中国很多学者探讨了水权的内涵与法律依据、交易的模式和模型、交易的制度框架与保障机制、试点工作的经验与不足等^[3-5]。国内外对水权水市场的经济社会影响也有较多研究^[6-8]。然而, 关于水权交易的生态环境效应研究却相对滞后。在国外, 20 世纪 90 年代, 随着水权交易实践的推进和人们对环保的关注, 对生态环境水权、水权交易与生态环境关系的研究逐渐增多。相对于国外, 中国在这方面的研究较少。2007 年有学者分析了宁夏、内蒙古两地水权转换试验区的监测效果^[9-10], 2012 年两地开展了水权转换的水资源影响后评价^[11]。总体而言, 中国对水权交易的经济社会效应关注较多, 对生态环境效应的研究严重不足。通过市场交易机制解决中国水资源短缺问题将是今后水资源管理的重要手段^[12]。2014 年水利部将水权市场建设作为一项重要工作开展, 但目前中国水权交易工作尚未大规模展开, 必须重视和预判水权交易对资源、环境、生态产生的影响。因此, 探讨水权交易对生态系统的影响十分必要。

本文梳理了国内外水权交易对生态环境影响的理论与实践, 分别介绍了生态环境水权以及水权交易对水量、水生态、水环境影响的研究进展, 指出当前研究中存在的问题, 展望今后需加强研究的重要方向, 为水权交易及其生态环境影响的研究和实践提供参考。

收稿日期: 2015-10-08; **网络出版时间:** 2016-03-14

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20160314.2210.008.html>

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2010CB951104)

作者简介: 李春晖(1976—), 男, 安徽临泉人, 副教授, 博士, 主要从事水资源评价与管理研究。

E-mail: chunhuili@bnu.edu.cn

1 水权交易对生态环境影响研究的发展历程

学术界尚无“水权交易”的统一定义。本文探讨的水权交易外延较广,一般认为水权内容的变化和水权在不同主体之间的流转,包括水权转换、水权转让、水权租赁等形式的交易都是水权交易^[13]。

由于水资源的负外部性,每个水资源利用主体对于水资源的利用都会对其他利用主体产生不利影响^[14]。农业向工业转换水权,水权交易的水量、期限等来水条件改变,直接对灌区农业生态造成影响,同时水权变化反作用于径流,进而影响下游河流水文过程,因此,水权交易将会导致显著的自然环境外部性^[15]。从研究进程看,水权交易对生态环境影响的研究可以归纳为 2 个阶段:研究初期和研究发展期。

(1) 研究初期(1980 s—2000 s 初期)

对水权交易影响研究始于 20 世纪 80 年代,当时对生态环境影响作为外部性或第三方影响的一部分来研究。80 年代,美国^[16]、澳大利亚^[17]、智利^[18]等国先后建立可交易水权机制,对第三方无害是西方国家在建设和管理中的重要原则^[19],环境作为第三方在可交易水权机制的建立过程中被纳入考虑的对象^[20-21]。90 年代,河道鱼类生存环境受到威胁、生态需水压力突出、环境压力增大,水权交易对自然环境的影响开始引起人们的重视^[22]。这一时期,以政策制定者、经济学界、法学界对水权交易对生态环境影响的定性探讨为主^[7],从自然科学研究的角度定量探讨生态环境影响的不多,并且缺乏有效的评估方法,未能对水权交易的环境影响作出科学评价^[23],因而其生态环境问题的改善效果不明显。

(2) 研究发展期(2000 s 初期至今)

21 世纪初期以后,研究人员开始系统地开展水权交易对生态环境影响的量化研究。研究人员注意到加拿大、澳大利亚等实施了水权交易后一些区域的生态状况甚至出现了进一步恶化的趋势,如水体中鱼类减少、灌区水盐平衡发生改变、部分河段水质恶化等问题^[24-26],有不少环境、生态水文研究人员开始运用线性规划、模拟模型等方法对生态环境受到的影响进行定量评估,取得了一定成果。相对于研究初期阶段,这一阶段的相关研究成果显著增加。当前,水权交易对生态环境影响的研究仍处于这一阶段,政策制定者、经济学界、法学界对水权交易影响仍有很多研究,相对而言,环境、生态、水利学者的研究成果仍然偏少,未能形成系统、全面、成熟的评价体系,水权交易对自然环境的作用机理、影响程度及应对措施等研究仍处在探索中。

2 水权交易对生态环境影响的重点研究领域

水权交易对生态环境的影响过程可分为 3 个阶段:市场交易阶段、实体水受影响阶段以及生态环境受影响阶段(图 1)。第一阶段是市场化交易行为,涉及生产生活用水水权内部交易及其与生态环境水权之间的交易,交易的价格、水量、期限等决定着实体水配置的过程和方式。第二阶段,交易后实体水进入灌区或工业等用水户,河道和地下的水量、径流过程和蒸散发量都发生改变;部分缺水用户取得水权后,垦荒或转种经济效益更高的作物,土地利用方式随之改变;或者农业用水转向工业用水,农业用水减少,工业用水增加。第三阶段,水资源量和土地利用方式的变化改变了原有的水量平衡,使河道中营养物质和盐分含量、地下水水盐平衡受到影响,从而对水环境、水生态以及陆生生态产生影响。

2.1 可交易生态环境水权的研究

自然环境是人类赖以生存发展的基础。可交易的生态环境水权以及明确的生态环境水权购买主体是实现市场化水资源配置、保证良好生态环境的必要条件。中国学者常用的“生态环境水权”或“生态水权”,其含义一般指用于满足重要生态过程和重要生态系统或生态类自然保护区最低数量和适当质量的用水需求的水权^[27],国外研究一般表述为“河道内水权(instream water rights)”、“环境水权(environmental water rights)”等,其含义一般为满足河道最小生态需水和娱乐、美学价值等的水权^[28-29]。可交易水权制度建立之前,人

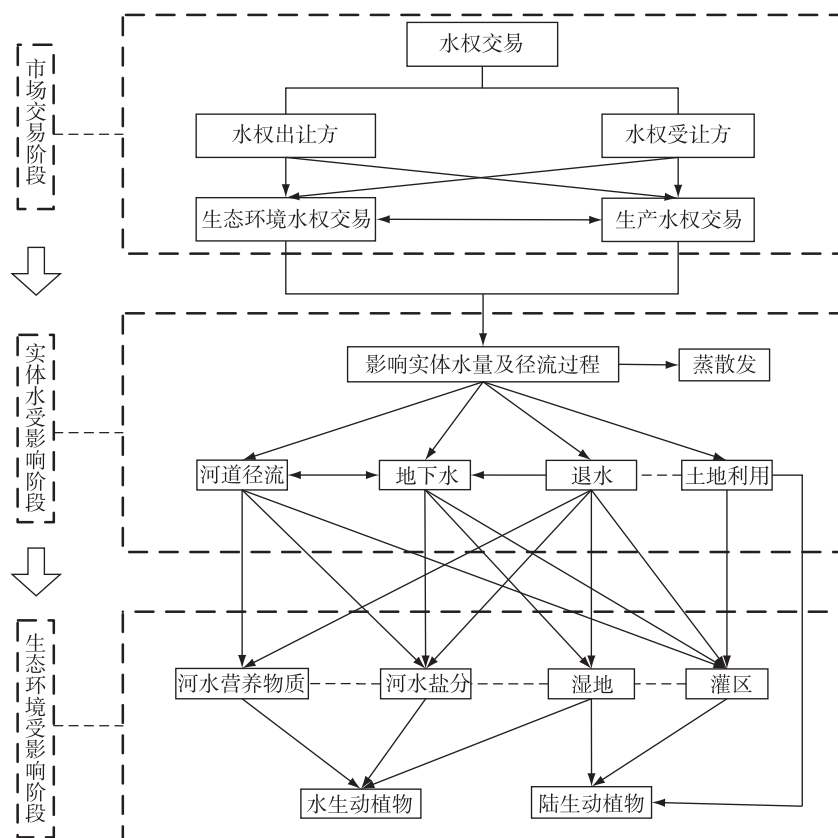


图1 水权交易对水资源、生态、环境影响示意

Fig. 1 Flow diagram of impacts of water trading on water resource, ecology and environment

们对生态环境保护已经有了一定的认识,但是这时满足生态需水的要求为政府的强制规定,河道内水权无法参与市场交易。1987年,美国俄勒冈州允许各种公私机构为河道购买和转换河流水权,标志着市场机制开始参与生态需水的保障^[22]。在美国、澳大利亚等国家的干旱地区,同农业、城市居民、工业等部门一样,生态环境作为一个独立的部门参与水权交易,生态环境水权已成为可交易水权的一项重要组成部分^[22,30]。

世界上最早引入生态环境水权交易的地区是美国的哥伦比亚河流域和澳大利亚的墨累-达令流域。Garrick等^[31]提出了一个在市场分配环境水权条件下的影响水政策实施的概念评价框架,对上述两个流域的水政策的异同和优缺点、制度障碍等进行了分析,认为生态环境水权的交易在生态需水分配中发挥了重要作用。Iftekhhar等^[32]研究了市场竞争中政府购买生态环境水权行为的预期效果,为政府保护生态环境提供了政策建议。在澳大利亚,学界和政界普遍认识到生态需水的保障力度和粮食生产的可持续性之间的密切关系,政府在保障生态需水的政策、水市场建设方面进行了诸多实践和探索,在考虑生态环境的水权建设方面走在世界前列。2004年通过的《国家水计划政府间协议》和《解决墨累-达令流域水过度分配和实现环境需水协议》促进政府以回购方式在水市场中买进生态环境水权^[17],标志着澳大利亚政府正式成为生态环境水权的实施主体。

随着生态环境水权的不断实施,人们开始关注水权交易主体在水权市场中购买生态环境水权的行为对水市场的影响,如澳大利亚已经有相关研究探讨不同市场行为下水权交易主体与生态环境水权的相互影响^[25,33-34],Tisdell^[35]研究了环境水权代理行为对水权交易价格、数量的影响,这些研究为生态环境水权的政策制定和实施提供了理论指导。

2.2 水权交易对水量的影响研究

水权交易的交易期限、许可水量、交易方式和数量等因地而异,对水资源系统的影响表现为水资源的时

空配置发生变化。当前有不少水权交易对水量变化影响的研究,通过统计分析、模型模拟和线性规划等方法,研究水权交易对地表或地下径流过程、水位及退水的影响。

(1) 水权交易对地表径流影响的研究 不同类型水权交易的取水过程不同,以水资源使用效益最大化为目标的水权交易改变着原排水、退水过程,改变着地表径流补给和排泄的时空规律。

产业内部、产业之间的水权交易具有不同的影响效果。Tisdell^[15]建立的水权交易对环境影响的线性规划模型表明在农业内部的水权交易中,受让方比出让方更倾向于种植利润率更高的作物,同时作物生长需水有特定的季节要求,从而导致区域内河道取水量在时间分布上的不均匀,原河道径流过程也会发生相应的变化。中国在黄河中上游地区实施了水权转换,即在灌区通过砌护渠道及改造节水工程减少渗漏,从而将农业节约的水资源转换给工业。冯平和司建宁^[9]、姜丙洲等^[10]分别监测试验了宁夏灌区、内蒙古鄂尔多斯灌区的水权转换效果,试验结果表明水权转换实施后渠道渗漏量减少近 1/2,渠道水平流速提高 12%~25%。对宁夏、内蒙黄河干流水文站的监测显示,实施水权转换后两区黄河径流量有增加趋势,但是由于转换水量远小于总径流量,且难以剔除水权转换以外因素对径流变化的影响,因此转换对干流的影响尚不易察觉^[11]。

相较于灌区尺度,在更大空间区域内(例如流域尺度),水权交易对干支流、上下游水文影响的相关研究不多。澳大利亚国家水务委员会在这方面作了较为系统的探索:为评估墨累河流域水权交易对水文水资源的影响,设置了“有水权交易”、“无水权交易”、“天然状态”3种情景,基于大量监测数据分析流域干支流的径流过程和径流量的变化,研究表明,水权交易促使水资源向水系下游移动,部分支流水量在水权交易的影响下有所增加,但是与水资源管理和利用方式的改变及气象干旱造成水量减少的影响相比,这种增加带来的影响远小于后两者^[6]。

(2) 水权交易对地下水量影响的研究 一方面,相较于地表水,地下水埋藏深、不易监测;另一方面,各地区可交易水权涉及不同类型的水资源,如美国既包括地表水也包括地下水,且地表与地下水之间的水权交易政策规定有所区别^[36],而智利、墨西哥等国可进行交易的只有地表水资源^[18,37],因此,对地下水影响的研究不足,仅限于对水位影响的研究。中国宁蒙地区先期试点水权转换,2007年冯平和司建宁^[9]对宁夏水权转换地区的监测试验表明,在渠道放水初期,渠道周围地下水水位上升幅度由砌护前的 9~10 cm/d 下降为砌护后的 4~5 cm/d,张会敏和黄富贵^[38]对宁夏引黄灌区的研究表明,实行水权转换的灌区地下水水位将下降 1.5%~1.9%。澳大利亚实行水权交易制度后,公众更倾向于利用未纳入水权交易管理的地下水资源,导致地下水位下降,常规地表水资源减少,河道出现断流^[39],而向靠近取水口的扬水灌区交易水权,灌溉后容易抬高该地区的地下水位、增加地下径流^[6]。

(3) 水权交易对退水的影响研究 对退水的影响是水权交易制度决策者重点关注对象之一。水权交易中各水权使用主体追求经济效益的最大化,改变地表径流、灌区排水和地下水出流过程,从而影响着退水的数量和时空分布,进而使河道水文情势发生改变,或引发生态和环境问题^[40-41]。智利、墨西哥等国的水权交易机制未对退水作出规定,流域内总取水量超出了上游总来水量,加上水资源使用效率的提高,结果进入下游河道的退水减少,进而出现水资源短缺问题^[42]。而美国加利福利亚州地区可交易的水权限定为“消耗性水权”(其水量定义为作物蒸散发水量以及被植物进一步利用的下渗损失量),从而退水也需按照法律规定保证排放,因退水而产生的水资源量问题相对而言小很多^[43]。退水多少是实施水权交易制度决策者的关注点,然而对于退水的合理阈值及退水的变化等有何生态环境效应尚缺乏定量的研究。

总体而言,水权交易导致水量的变化密切关系着水质、水生态的变化,当前对水权交易的水量影响已有不少研究,但在较大空间尺度上的水权交易对水文水资源影响的研究不足。研究内容上对地表水的影响研究较多,对地下水的影响研究不够深入,多数对地下水的影响研究仅仅关注宏观水位变动,对地下水特征分布、动态过程等研究尚需加强;对退水影响的程度缺乏定量分析,相关机理有待进一步阐明。

2.3 水权交易对水生态的影响研究

对生态的影响是水权交易影响研究的重点关注领域,是市场化的水权交易中最复杂的研究内容之一^[44]。如何处理好水权交易带来的第三方影响,实施何种类型的水权交易能够实现经济和生态效益的均衡,厘清政

府、环保团体等水权受让方和以农户为代表的水权出让方之间的权利和义务,是决策者关心的议题。研究者对假定的政策或制度实施后生态保护目标的状况进行评估,从而为决策者提供决策支持。研究不同类型水权交易的影响,以期建立合适的水权交易制度。从权属变动的方式来看,水权有多种交易类型,如水权转让、水权转换、水权租赁等^[13],不同方式的权属变动发生在不同的交易主体之间,约束着不同的交易期限和许可水量,因而会有不同的生态影响结果。20世纪90年代初期,已有学者注意到水权交易考虑生态流量的重要性^[45-46]。自20世纪90年代后期开始,研究者更加关注水权交易实施后水生生物的保护以及生态需水的保障,水权交易对生态影响的研究逐渐受到重视。研究内容包括政策性的定性分析和少数定量模型、线性规划研究,探讨水权交易制度对生态需水目标的影响,以及基于径流的变化评价水权交易对河湖湿地需水和水生生态系统的综合影响。

(1) 水权交易对生态需水影响研究 在市场经济社会,政府和社会团体可能是水市场的重要参与方,通过购买水权从而影响着生态需水状况。Percy^[47]认为由于享有生态环境水权的社会团体无法获得取水许可,加拿大阿尔伯塔省可交易水权制度没有实现维护河流生态流量的预期目标。Tisdell^[48]建立线性规划模型分别模拟3种政策(降低初始水权分配、收回可交易水权的比例、政府进入水市场为生态需水购买水权)对生态需水的影响,结果表明降低初始水权分配的方式比其他两种方式的成本更小。为协调流域内两类水生态系统生态目标同时满足的矛盾,Peck等^[49]提出通过短期水租赁方式进行水权交易,从而既满足了上游洪泛湿地的需水条件,也实现了下游河道水生生物的需水要求。为揭示可交易水权制度对天然生态需水过程的影响,Loch等^[50]建立水资源分配模型进行模拟分析,结果表明只有同时考虑水资源初始分配和可交易水权的模式才可以恢复河流的天然径流过程。Weber和Cutlac^[51]对加拿大南萨斯喀彻温河流域水资源分配效果的研究表明,相较于改革初始水权分配制度,改进水权交易制度会产生更好的生态效益。

水权交易背景下河道原有生态需水如何变化,如何调控需水条件恢复受损的水生态系统引起了不少研究者的关注。早在2001年,Tisdell^[15]为研究减少水权分配对生态的影响,建立了线性规划模型对灌区水权交易进行模拟,模拟结果显示,水权交易扩大了取水量和天然径流之间的差值,这意味着水权交易产生了不利的生态影响。Erfani等^[52]为研究生态需水目标保护及其经济效益,建立水文经济模型分析不同的径流控制目标所产生的影响,结果表明按照天然径流的份额动态控制的最小径流比现行的固定最小径流有更好的保护河道径流的效果,Hung等^[53]基于河流自上而下单向流动的特点,建立考虑最小生态径流的位置水权交易线性模型,减小了径流和退水变化带来的负外部性影响。

(2) 水权交易对生态系统综合影响研究 水权交易不仅改变了水权出让区和受让区生物生存的需水过程,使生境发生变化,河道下游非水权交易区生态水文也会受到影响,一些水生生物的空间分布格局会发生改变,有些学者力图揭示水权交易影响的生态学或生态水文学过程和结果。研究发现水权交易对水生态或灌区陆生生态状况产生影响,然而影响的结果具有不确定性,例如Ladson和Finlayson^[24]讨论了澳大利亚水权交易没有达到预期生态目标的原因,认为水权交易导致部分外来物种入侵本地水域,而没有考虑水温因素的水权交易对鱼类产卵造成了不利影响。张会敏和黄富贵^[38]定性分析了宁夏引黄灌区水权转换,认为水权转换对灌区湖沼生态系统的植物产生不利影响,将导致下游河道及三角洲湿地生态系统退化。交易水权所在区域环境特征和特定的交易规模也可能对生态产生积极影响,如宁夏、内蒙古地区实施水权转换后,区域地下水水位下降,但是对地下水的影响幅度在0.5 m以内,因此,对地表植物的生长几乎没有影响;相反,地下水位的降低减轻了土壤盐渍化,部分因盐碱化而弃耕的土地恢复了耕种^[11],渠道两侧积水的减少则改善了渠道两侧的生态环境^[9-10],澳大利亚国家水务委员会^[6]研究了水权交易对澳大利亚墨累河流域主要湿地的生态影响,结果发现水权交易使部分河道流量增加,但是因为增量很小,水权交易对这些湿地影响甚微,在干旱年所增加的水量反而有利于生态系统健康。

总体而言,水权交易对生态影响的评价,目前尚无统一和较为成熟的方法。20世纪90年代,有学者指出没有有效方法衡量和削减水权交易对生态的不利影响^[54]。进入21世纪评价方法依然不够理想,Kwasniak^[55]认为由于政府缺乏对生态价值的正确评估和私人团体的广泛参与,导致河流生态环境效益不理

想,在水权交易市场和制度建设较为完善的澳大利亚,也存在着难以对生态环境影响作出适当评估的问题^[56]。而且,水权交易对水生态影响的定性研究无法准确反映对生态过程、格局的影响,定量研究方法较少且侧重于对河道内生态的研究,对河道外生态影响的研究不足。因此,应当加强量化模型研究,更全面地反应生态系统及其组分的变化,加大对灌区农田生态系统及与河湖湿地生态系统密切相关的陆生动植物等河道外生态的研究。此外,不同产业间水权交易的生态影响,有待研究者进一步阐明其影响规律。

2.4 水权交易对水环境的影响研究

水权交易后水环境的优劣关系着其他用水户的利益,而水中营养物、盐分和污染物的变化又会影响着下游的河流、湖泊和湿地。事实上,在美国西部地区,改善水质即是开展可交易生态环境水权实践的重要目标之一^[22]。当前对水环境影响的研究相对较少,主要研究内容为地下水盐分和地表水水质的变化,以宏观的定性讨论为主。

(1) 水权交易对水盐平衡的影响研究 灌区水权交易影响地下水位和地下径流过程,从而使土壤盐分含量发生变化,灌区水盐平衡受到影响。因研究区的自然地理特征、水权交易方式而异,其影响的利弊并无统一意见。在澳大利亚墨累-达令流域,水权交易实施后部分灌区土壤盐度上升,Khan 等^[57]利用水盐平衡综合模型 SWAGMAN 研究了灌区水权交易与土壤盐分的响应关系,认为永久性水权转换会造成浅水位地下水灌区的最低冲盐需水量得不到满足,从而恶化土壤质量。在降水更少的黄河流域宁蒙地区试点的水权转换,则降低了该地区过高的地下水位,而地下水位下降则有助于减轻土壤盐渍化^[58]。

(2) 水权交易对水质的影响研究 水权交易改变了水资源量的时空分配和退水条件,进而使水质发生变化,研究显示对水质的影响具有两面性,即可能是积极影响也有可能是消极影响。这种影响的两面性,可以在各个用水阶段如初始水权取用阶段、水权转换阶段、退水阶段产生^[59],也与水权交易的水源以及使用目的有关^[40],还可能与水权交易的类型有关,如不同产业类型间的交易、上下游不同水权转移方向的交易。

不同类型的水权交易对水质影响不同。交易方产业类型的不同会影响水质变异的方向。对于同一产业内如灌区农户之间水权交易的研究结果表明,水权交易有改善地区水质的效果,例如在澳大利亚墨累-达令流域,Heaney 和 Beare^[41]认为水权交易提高了水资源的利用率,减少了水权受让方的排水量,从而减少了进入河道的污水。针对灌区过度灌溉导致含盐水位过高、排水过多的问题,Weinberg 等^[60]建立非线性规划模型模拟灌区农户间的水市场交易,模拟结果实现了降低地下水位和排水量的预期目标,并且降低了硒等元素的入河浓度。对于跨产业类型的水权交易,其影响结果可能不同,例如在中国水权从农业转让到工业,何宏谋等^[58]研究认为工业企业的生产效益增加,区域的排污量也必将增加,会对区域水质的改善产生压力,特别是高耗水高污染工业(如煤化工行业),水污染风险增加。交易的水量在上下游转移方向的不同也会影响到水质变化趋势,一般认为下游向上游转移水权会对水环境产生负面影响,实际交易情况以从上游向下游转移水权居多,对水环境的影响利大于弊^[23]。

总之,相较于对水量和水生态的研究,目前水权交易对水环境影响的研究关注不足,且多停留在以政策分析为主的定性研究阶段,需加强定量研究,研究内容多为宏观性水质探讨,对具体污染物影响的研究不足,缺乏水质变化机理的研究。现有的研究结果反映出水权交易对水环境的影响具有较大的不确定性,有积极影响也有消极影响,这与水权交易地区特征、交易主体、交易方式等因素不同有关,其影响的机理和程度研究有待进一步深化。

3 结论及展望

纵观水权交易对水资源、生态、环境影响的研究,可以看出当前研究集中于两点:一是政策性的定性分析,二是定量模型研究,以对前者的研究占多数,对后者的研究少而不成熟。对生态环境影响的研究对象侧重于河道内或受河道水体补给影响的湖泊湿地;对河道外的研究仅限于灌区水盐平衡领域,而对农田等陆生生态环境影响的研究不多。由于生态需水条件确定的不够合理以及水权体系固有的制度缺点,一些国家实施

生态环境水权的生态效益并不明显。水权交易的影响结果,无论是对水生态的影响还是对水质的影响,可能会产生积极影响,也有可能是消极影响,和水权交易的类型、特点以及自然环境特征有关。未来需要在以下方面进行深入研究:

(1) 研究方法上,加强水权交易对生态环境影响的定量研究。相对于法律界、经济学界对水权交易的大量研究,目前水文水资源、生态、环境方面的专家学者对水权交易与生态环境定量化的分析研究不多。结合生态环境监测成果,利用统计分析、RS、GIS及模型模拟等手段定量分析水权交易机制对水资源、水生态、水环境的影响;探讨不同时空尺度尤其是流域尺度下生态环境对水权交易的响应关系;揭示水权交易中市场要素对生态环境的影响机理,建立科学的指标体系定量评价影响程度,确定生态环境约束下可交易水量的合理阈值等,都是该方面的研究重点。

(2) 研究内容上,加强水权交易对水质、地下水、退水和陆生生态环境影响的综合研究,探讨不同水权交易类型的生态环境影响。当前水权交易对生态环境影响的研究还处在发展期,研究内容分布上并不均衡,水生态研究最多,水量研究次之,水质研究最少;对地表水研究较多,对地下水的研究仅限于地下水水位、水盐平衡的变化;对退水的影响缺乏定量分析、影响机理不明;对与水体密切相关的陆地生态环境的变化研究不足。在中国,随着水权交易的推进,未来将推进跨省区、跨流域水权交易,研究水权交易对出让区、受让区的生态环境效应。流域上下游之间交易、跨产业类型间交易、产业类型间内部交易、临时交易和长期交易等不同交易类型对生态环境的影响特点,以及水权的出让方和受让方对环境的影响特点等深层次机理有待研究。

(3) 考虑不确定性因素的影响。水权交易对环境的影响具有诸多不确定性,如气候变化^[61-62]、水文情势的改变、监测资料的准确性和交易模型的不确定性使得可交易的水权生态影响具有不确定性。这些不确定性因素影响水权交易系统对生态环境影响评价的准确性,应当增强对这些不确定性的认识,识别敏感因素,分析不确定条件下水权交易的影响程度,为水权交易的实施和生态环境保护提供决策依据。

参考文献:

- [1] GRIFFIN R C, HSU S H. The potential for water market-efficiency when instream flows have value[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1993, 75(2): 292-303.
- [2] 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 S C. Water rights and water market: economic measures to realize optimal configuration of water resources[J]. *China Water Resources*, 2000(11): 6-9. (in Chinese))
- [3] 王宗志, 张玲玲, 王银堂, 等. 基于初始二维水权的流域水资源调控框架初析[J]. *水科学进展*, 2012, 23(4): 590-598. (WANG Z Z, ZHANG L L, WANG Y T, et al. Preliminary theoretical framework of water resources operation based on initial two-dimensional water rights in a basin[J]. *Advances in Water Science*, 2012, 23(4): 590-598. (in Chinese))
- [4] 张庆文. 我国水权交易实施和研究进展[J]. *水利规划与设计*, 2012(5): 11-14. (ZHANG Q W. The implementation and review of China's water trading[J]. *Water Resources Planning and Design*, 2012(5): 11-14. (in Chinese))
- [5] 张建斌, 刘清华. 水权交易制度相关研究综述[J]. *财经理论研究*, 2013(3): 13-19. (ZHANG J B, LIU Q H. Review on water rights trading system[J]. *Journal of Financial and Economic Theory*, 2013(3): 13-19. (in Chinese))
- [6] Australian National Water Commission. The impacts of water trading in the southern Murray-Darling basin: an economic, social and environmental assessment[M]. Canberra: National Water Commission, 2010: 87-98.
- [7] DEBAERE P, RICHTER B D, DAVIS K F, et al. Water markets as a response to scarcity[J]. *Water Policy*, 2014, 16(4): 625-649.
- [8] 周婷, 郑航. 科罗拉多河水权分配历程及其启示[J]. *水科学进展*, 2015, 26(6): 893-901. (ZHOU T, ZHENG H. Review of water rights allocation in Colorado River and its enlightenment[J]. *Advances in Water Science*, 2015, 26(6): 893-901. (in Chinese))
- [9] 冯平, 司建宁. 宁夏水权转换试验区监测效果分析[J]. *中国水利*, 2007(19): 70-71. (FENG P, SI J N. Analysis of monitoring result of water rights trading in demonstration area of Ningxia[J]. *China Water Resources*, 2007(19): 70-71. (in Chinese))

- [10] 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 B Z, ZHANG B, LI E K. Examination on monitoring result of water rights trading area in Inner Mongolia[J]. China Water Resources, 2007(19): 47-48. (in Chinese))
- [11] 黄河水利委员会黄河水利科学研究院, 水利部黄河泥沙重点实验室. 宁蒙水权转让实施后区域水资源影响后评估[R]. 郑州: 黄河水利科学研究院, 2012. (Key Laboratory of Yellow River Sediment, Ministry of Water Resources. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Yellow River Conservancy Commission. Post-assessment for implementation of water trading in Ningxia and Inner Mongolia[R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2012. (in Chinese))
- [12] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001, 12(1): 66-71. (JIANG W L. Study on water resource safety strategy for China in the 21th century[J]. Advances in Water Science, 2001, 12(1): 66-71. (in Chinese))
- [13] 王小军. 美国水权制度研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2011. (WANG X J. The research on water rights in Ameirica [M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2011. (in Chinese))
- [14] 李海红, 王光谦. 水权交易机理分析[J]. 水力发电学报, 2005, 24(4): 104-109. (LI H H, WANG G Q. The mechanism of the water rights trade[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2005, 24(4): 104-109. (in Chinese))
- [15] TISDELL J G. The environmental impact of water markets: an Australian case-study[J]. Journal of Environmental Management, 2001, 62(1): 113-120.
- [16] RORBERT E B. Water and water rights(V2)[M]. Charlottesville: Michie Company Law Publishers, 1991.
- [17] THAMPAPILLAI V. Limits of market-based water governance for environmental flows in the Murray-Darling basin(Part 2)[J]. Environmental Policy and Law, 2009, 39(6): 317-322.
- [18] DONOSO G. The evolution of water markets in Chile[C]//MAESTU J. Water Trading and Global Water Scarcity. Abingdon: RFF Press, 2012: 110-128.
- [19] GOULD G A. Transfer of water rights[J]. Natural Resources Journal, 1989, 29(2): 457-477.
- [20] DUNNING H C. Reflections on the transfer of water rights[J]. Journal of Contemporary Law, 1977, 4(1): 109-117.
- [21] JOHNSON R N, GISSER M, WERNER M. The definition of a surface-water right and transferability[J]. Journal of Law & Economics, 1981, 24(2): 273-288.
- [22] LANDRY C. Market transfers of water for environmental protection in the western United States[J]. Water Policy, 1999, 5(1): 457-469.
- [23] NIEUWOUDT W L. Water market institutions in Colorado with possible lessons for South Africa[J]. Water Sa, 2000, 26(1): 27-34.
- [24] LADSON A, FINLAYSON B. Rhetoric and reality in the allocation of water to the environment: a case study of the Goulburn River, Victoria, Australia[J]. River Research and Applications, 2002, 18(6): 555-568.
- [25] CUMMINGS R G, HOLT C A, LAURY S K. Using laboratory experiments for policymaking: an example from the Georgia irrigation reduction auction[J]. Journal of Policy Analysis and Management, 2004, 23(2): 341-363.
- [26] VARGHESE S. Water governance in the 21st century: lessons from water trading in the US and Australia[R]. Minneapolis: Institute for Agriculture and Trade Policy, 2013: 4-6.
- [27] 胡德胜, 窦明, 左其亭, 等. 构建可交易水权制度[N]. 中国社会科学报, 2013-03-12. (HU D S, DOU M, ZUO Q T, et al. Establishing the regime of tradable water rights[N]. Proceedings of Chinese Society, 2013-03-12. (in Chinese))
- [28] BUTLER L L. Environmental water rights: an evolving concept of public property[J]. Virginia Environmental Law Journal, 1990, 9(2): 323-380.
- [29] CHAMBERS K W. Environmental water rights transfers in a nonprofit institutional structure[D]. Tacoma: University of Puget Sound, 2010.
- [30] MEIJER K S, van der KROGT W N M, van BEEK E. A new approach to incorporating environmental flow requirements in water allocation modeling[J]. Water Resources Management, 2012, 26(5): 1271-1286.
- [31] GARRICK D, SIEBENTRITT M A, AYLWARD B, et al. Water markets and freshwater ecosystem services: policy reform and implementation in the Columbia and Murray-Darling Basins[J]. Ecological Economics, 2009, 69(2): 366-379.
- [32] IFTEKHAR M S, TISDELL J G, CONNOR J D. Effects of competition on environmental water buyback auctions[J]. Agricultural Water Management, 2013, 127: 59-73.

- [33] TISDELL J G, WARD J R, CAPON T. Impact of communication and information on a complex heterogeneous closed water catchment environment[J]. *Water Resources Research*, 2004, 40(9): 1-8.
- [34] MURPHY J J, DINAR A, HOWITT R E, et al. The design of water markets when instream flows have value[J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(2): 1089-1096.
- [35] TISDELL J G. Impact of environmental traders on water markets: an experimental analysis[J]. *Water Resources Research*, 2010, 46(3): 1-8.
- [36] CUMMINGS R G, NORTON N C, NORTON V J. Water rights transfers: options for institutional reform[R]. Atlanta: Georgia State University, Albany State University, 2001: 9-10.
- [37] GASTELUM J R, VALDES J B, STEWART S. An analysis and proposal to improve water rights transfers on the Mexican Conchos basin[J]. *Water Policy*, 2009, 11(1): 79-93.
- [38] 张会敏, 黄富贵. 黄河干流灌区节水潜力及水权转换理论探索[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009. (ZHANG H M, HUANG F G. Research on the water-saving potential and water trading theory in the mainstream of Yellow River[M]. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2009. (in Chinese))
- [39] YOUNG M. Opening: Australia's rivers traded into trouble[EB/OL]. (2012-05-09) [2015-07-16]. <http://www.australiangeographic.com.au/topics/science-environment/2012/05/opinion-australias-rivers-traded-into-trouble/>.
- [40] HEANEY A, DWYER G, BEARE S, et al. Third-party effects of water trading and potential policy responses[J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2006, 50(3): 277-293.
- [41] HEANEY A, BEARE S. Water trade and irrigation-defining property rights to return flows[J]. *Commodities, Forecasts and Issues*, 2001, 8(2): 339-348.
- [42] RIOS M A, QUIROZ J A. The market of water rights in Chile: major issues[J]. *Cuadernos de Economia*, 1995, 32(97): 317-345.
- [43] ROSEGRANT M W, GAZURI S R. Reforming water allocation policy through markets in tradable water rights: lessons from Chile, Mexico, and California[J]. *Cuadernos de Economia*, 1995, 32(97): 291-315.
- [44] 冯彦, 何大明. 国际河流的水权及其有效利用和保护研究[J]. *水科学进展*, 2003, 14(1): 66-87. (FENG Y, HE D M. Study on water rights, available utilization and protection of water resources in international rivers[J]. *Advances in Water Science*, 2003, 14(1): 124-128. (in Chinese))
- [45] COLBY B G. Enhancing instream flow benefits in an era of water marketing[J]. *Water Resources Research*, 1990, 26(6): 1113-1120.
- [46] BOOKER J F, YOUNG R A. Modeling intrastate and interstate markets for colorado river water-resources[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1994, 26(1): 66-87.
- [47] PERCY D R. Responding to water scarcity in western Canada[J]. *Texas Law Review*, 2005, 83(7): 2091-2107.
- [48] TISDELL J. Acquiring water for environmental use in Australia: an analysis of policy options[J]. *Water Resources Management*, 2010, 24(8): 1515-1530.
- [49] PECK D E, MCLEOD D M, HEWLETT J P, et al. Irrigation-dependent wetlands versus instream flow enhancement: economics of water transfers from agriculture to wildlife uses[J]. *Environmental Management*, 2004, 34(6): 842-855.
- [50] LOCH A, BJORN LUND H, MCIVER R. Achieving targeted environmental flows: alternative allocation and trading models under scarce supply-lessons from the Australian reform process[J]. *Environment and Planning C-Government and Policy*, 2011, 29(4): 745-760.
- [51] WEBER M, CUTLAC M. Economic and environmental tradeoffs from alternative water allocation policies in the South Saskatchewan River basin[J]. *Canadian Water Resources Journal*, 2014, 39(4): 409-420.
- [52] ERFANI T, BINIONS O, HAROU J J. Protecting environmental flows through enhanced water licensing and water markets[J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2015, 19(2): 675-689.
- [53] HUNG M F, SHAW D, CHIE B T. Water trading: locational water rights, economic efficiency, and third-party effect[J]. *Water*, 2014, 6(3): 723-744.
- [54] LUND J R, ISRAEL M. Water transfers in water resource systems[J]. *Journal of Water Resources Planning and Management-Asce*, 1995, 121(2): 193-204.
- [55] KWASNIAK A J. Water scarcity and aquatic sustainability: moving beyond policy limitations[J]. *University of Denver Water Law*

- Review, 2010, 13(1): 321-360.
- [56] BORGHESI S. Water tradable permits: a review of theoretical and case studies[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2014, 57(9): 1305-1332.
- [57] KHAN S, RANA T, HANJRA M A, et al. Water markets and soil salinity nexus: can minimum irrigation intensities address the issue? [J]. *Agricultural Water Management*, 2009, 96(3): 493-503.
- [58] 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 H M, XUE J G, XING F. Studies on compensation system of water right transfer in Yellow River basin[J]. *China Water Resources*, 2007(19): 59-61. (in Chinese))
- [59] ETCHELLS T, MALANO H M, MCMAHON T A. Overcoming third party effects from water trading in the Murray-Darling basin [J]. *Water Policy*, 2006, 8(1): 69-80.
- [60] WEINBERG M, KLING C L, WILEN J E. Water market and water quality[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1993, 75: 278-291.
- [61] LUO B, MAQSOOD I, GONG Y. Modeling climate change impacts on water trading[J]. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(9): 2034-2041.
- [62] GIBBONS J M, RAMSDEN S J. Integrated modelling of farm adaptation to climate change in East Anglia, UK: Scaling and farmer decision making[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, 127(1/2): 126-134.

Advances in ecological environment impacts of water trading*

LI Chunhui¹, SUN Lian¹, ZHANG Nan¹, WANG Xuan^{2,3}, CAI Yanpeng^{2,3}, XU Meng^{1,4}

(1. Key Laboratory for Water and Sediment Sciences of Ministry of Education, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Beijing Engineering Research Center for Watershed Environmental Restoration & Integrated Ecological Regulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 4. Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In the situation that social and economic development is restricted with limited water supply, water trading is one of the most effective mechanisms to solve the water resource crisis in the world. Water trading disturbs natural distribution of water resources over spatial and temporal scales, thus has both positive and negative influences on the water quality and quantity, leading to various ecological and environmental consequences. However, there are few researches on the reviews of impacts on ecological environment of water trading. In this paper we extensively reviewed large numbers of studies regarding the impacts of water trading on water resources system. Then four main research points were proposed and analyzed, i. e., tradable water and their corresponding impacts on water quality and quantity, as well as relevant aquatic ecosystems. Based on the existing research of domestic and abroad, four potential extension researches could be undertaken in the future: ① the establishment of the quantitative approaches for the impacts, ② the enhancement of studies upon specific water related subjects (e. g. water quality, ground water, and return flow), ③ the illumination of multiple water trading modes and their impacts, and ④ the consideration of the inherent uncertainties of these impacts of water trading.

Key words: water trading; eco-environmental water rights; water quantity; water quality; aquatic ecosystem; environmental impacts

* The study is financially supported by the National Basic Research Program of China (No. 2010CB951104).