

水制度量化研究进展： 对象、方法与框架

谢慧明 吴应龙 沈满洪

摘要 水制度量化研究是提高水制度绩效的必要条件。水制度量化的研究对象包括水价、水量、水质、工程和法令。水制度量化的研究方法有虚拟变量法、规制强度法和内容分析法。水价、水量和水质一般通过规制强度法进行量化，工程和法令则分别通过虚拟变量法和内容分析法进行量化。水制度量化研究可以在局部均衡或一般均衡的分析框架下评价水制度绩效，其经验研究主要通过控制变量、随机实验、自然实验或可计算一般均衡模型等方法进行。进一步践行系统分析思路、探讨方法的稳健性和完善一般均衡框架是推进水制度量化研究的方向。

关键词 水制度 量化研究 对象 方法 框架

[中图分类号] TV213.4 [文献标识码] A [文章编号] 2095 - 851X (2019) 03 - 0083 - 15

人类社会面临水危机的巨大挑战，通过技术和制度并举的治水方略包括水利工程建设、自治或社会阶层安排等。技术治水有放大之嫌，而制度治水的关注度却远远不够。事实上，水问题的根源并非技术治水之难而更多的是水制度的缺位或不合理（胡鞍钢、王亚华，2000；王亚华，2007；沈满洪等，2017）。制度经济学家认为，制度是社会的游戏规则或行为规则，涵盖的内容涉及社会、政治及经济的方方面面。水制度可以视为社会治水的游戏规则或行为规则，包括配水、用水、治水、节水等各环节上的制度安排，也包括水资源、水环境、水生态等各领域内的制度安排，可分为法律、政策和组织三个层次，涵盖防洪、灌溉、土地、环保等广义水制度安排和立足于解决水资源、水环境和水生态危机的水法律、水政策和水行政等狭义水制度安排

【基金项目】 国家社会科学基金重点项目“跨界流域生态补偿的一般均衡分析及横向转移支付研究”（批准号：19AJY007）；国家社会科学基金重大招标项目“海洋生态损害补偿制度及公共治理机制研究——以中国东海为例”（批准号：16ZDA050）。

【作者简介】 谢慧明（1983 - ），宁波大学商学院教授、硕士生导师，邮政编码：315211；吴应龙（1994 - ），浙江大学经济学院博士研究生，邮政编码：311100；沈满洪（1963 - ），宁波大学商学院教授，博士生导师。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

(谢慧明、沈满洪, 2016; 沈满洪等, 2017)。多样化的水制度安排使得相关研究不够聚焦, 细致梳理水制度量化研究对象有利于明确水制度研究的重要内容, 如何使用恰当方法量化水制度研究对象是进一步深入研究水制度及其绩效的关键。水制度量化研究包括水制度的量化以及量化后水制度的绩效研究, 它源于对水制度绩效的考察且对绩效评价结果影响深远。

一、水制度量化研究的对象

水制度量化研究可以量化制度本身, 也可以量化制度内容。水制度内容量化一般涉及水价、水量和水质, 水制度本身量化则涉及工程和法令。这五类研究对象包括水的属性和水的制度安排的属性, 与水权配置和水质标准等相关。有一些水制度安排(如水权)确实存在其固化的创新对象, 但也可以被纳入这五类研究对象中。譬如, 水权交易和水污染权交易制度等量化研究可以从水量和水质视角切入, 水污染减排成本和水权交易价格等与水价关联。

(一) 水价

水价是水制度安排的核心, 也是被研究最多的一类对象。在西班牙, 当水价从 0 PTAs/m³ 变为 50PTAs/m³ 时, 水价与水资源需求量负相关 (Berbel and Gómez-Limón, 2000)。在阿拉伯, 水价由每月固定的 50Dhs 变为 2.2Dhs/m³, 样本中 73% 的家庭平均减少了每月 29% 的用水量 (Qdais and Nassay, 2001)。在意大利, 农业系统水价约为 0.016 ~ 0.31 €/m³ (Bartolini et al., 2007)。在美国加州, 水价翻倍会减少 12% 的用水量 (Nataraj and Hanemann, 2011)。在约旦河谷, 水价被区分为四档, 分别是每千立方米 MYM11.5、MYM17.3、MYM28.8 和 MYM50.4 (Molle et al., 2008)。在伊朗, 水价由 0MYM/m³ 提至 0.15MYM/m³, 地下水需求显著减少 (Balali et al., 2011)。在巴西, 1997—2002 年水需求价格弹性为 -0.45 ~ -0.50, 收入弹性为 0.39 ~ 0.42。在印度, 2002—2003 年灌溉用水需求价格弹性为 -0.15, 偏向于保障贫困家庭的水价呼之欲出 (Ruijs et al., 2008; Shiferaw et al., 2008)。在中国, 理顺水价有巨大的节水潜力 (贾绍凤、康德勇, 2000; Han and Zhao, 2007; 秦长海等, 2010); 生活用水缺乏弹性, 工业用水富有弹性 (李眺, 2007; 郑新业等, 2012; 谢慧明等, 2018); 随着水价上涨, 用水量对水价将先后经历无弹性、敏感弹性和低弹性 (刘莹等, 2015)。以水价为研究对象的水制度量化研究旨在刻画市场化水制度安排, 重点关注水需求方程的估计, 是水市场或水政策研究的核心。

(二) 水量

水量视角的水制度量化研究关注的关键问题是提高水价能否减少用水量, 也包括对水配额的研究。在美国, 严格的灌溉政策在干旱期并不能有效减少水资源使用量 (Ozan and Alsharif, 2013); 基于规范报告的节水举措短期内能够显著减少用水需求, 而长期的节水效应具有条件附加性 (Ferraro et al., 2011)。在西班牙, 减少 10% 水配

额将减少 9.6% 农业利用面积和 5.6% 农业产值 (Recio et al., 1999)。在瑞士, 通过限制取水以减少灌溉的水政策会增加农民的增收风险且会提高土豆生产的用水需求, 而水配额措施却能在保持农民收入不变的情况下显著减少用水需求 (Lehmann and Finger, 2014)。在以色列, 水配额给定时提高水价不能提高水效率, 农作物的混合种植是最大化净收益的有效手段 (Amir and Fisher, 2000)。中国的水资源总量控制政策已实施多年, 相关研究集中于最严格的水资源管理制度以及与水环境容量关联在一起的总量控制制度 (包存宽等, 2000; 严登华等, 2007; 王媛等, 2009; 王浩, 2011; 左其亭、李可任, 2013; 金菊良等, 2015)。水量视角的水制度量化研究主要关注水资源使用量以及水配额和节水举措, 它往往与水价一道构建起水市场分析的基础。

(三) 水质

水质视角的水制度量化研究主要针对水环境问题, 围绕水环境压力和水污染减排成本展开。早期关注河流和入海口水污染物的排放管理 (Bikangaga and Nassehi, 1995) 和有毒有害水污染物排放禁令的成本收益 (Lakshminarayan et al., 1996; Gren et al., 1997)。后来人们开始关注农业生产中化肥使用对水体的影响, 如化肥使用量和氮压力之间的关系 (Fassio et al., 2005) 以及水体富营养化问题 (Wolf et al., 2005)。再后来人们又开始关注水污染治理的支付意愿以及水污染物减排。在荷兰, 减少 10%、20% 和 50% 的水污染物的成本是国民净收入的 0.2% ~ 9.4% (Brouwer et al., 2008); 在德国, 实现欧洲水框架指令中所设定的水质目标会使社会经济成本增加 10 倍 (Volk et al., 2008); 在以色列, 处理后的废水用于灌溉农业可以增加 33 亿美元社会福利, 而且经农业预处理的污水淡化政策能够减少 27 亿美元损失 (Reznik et al., 2017); 在中国, 分质供水和中水回用等循环利用战略是实现工业节水的有效举措, 耦合水质的水生态补偿等制度实践不断深入且制度体系不断完善 (沈满洪等, 2016; 谢慧明等, 2016)。水质视角的水制度量化研究经历了从禁令到梯度减排的转变, 从成本收益到社会福利损益的转变, 从单政策工具到多政策工具比较的转变 (Doole, 2012)。

(四) 工程

鉴于水制度内生性以及难以量化等问题, 水利工程逐渐成为研究水制度的一个有效对象。工程建设前后环境、经济、社会等多方面的比较研究是核心。早期主要关注自然影响。在美国, 21 个水坝下游的洪水危害、含沙量、悬浮载荷显著降低, 河床降解显著, 河道宽度有增有减, 岸边植物一般增加 (Williams and Wolman, 1984)。中国的南水北调工程对水源区和受水区的丰枯遭遇产生影响并在重塑地理空间格局 (闫宝伟等, 2007; Webber et al., 2017); 中线工程使得汉江水质和丹江口水库水质产生不利影响 (Zhu et al., 2008; 庞振凌等, 2008)。水坝的经济影响与可持续管理问题尔后被提上议事日程。大坝会产生区域内、区域间乃至全国或全球影响 (Cestti and Malik, 2012)。有研究考察了泥沙调度的经济可行性和大坝的寿命, 以及拆除到

达设计寿命大坝的成本收益 (Palmieri et al., 2001; Bohlen and Lewis, 2009)。虽然 20 世纪 90 年代初全球登记在册的大坝有 36000 多座,但仍需兴建更多的大坝 (Pircher, 1993)。大坝经济学逐渐兴起,“建大坝”和“反大坝”是争论焦点,考虑社会和生态环境双重外部性的成本收益分析是决策基础 (张晓, 2004)。

(五) 法令

更为直观的量化对象是水法律或指令,以及与之相关的资源环境政策。已有的相关研究主要涉及美国的清洁水法、欧盟的水框架指令等。在美国,清洁水法在改善水质的同时使游艇、垂钓和游泳等活动的收益高达每年 3.579 亿~18 亿美元 (Morgan and Owens, 2001)。在苏格兰,欧盟水框架指令产生了积极影响,收益成本比为 1.69:1 (Hanley and Black, 2006)。在以色列,相对于需求管理和供给保障类政策,海水淡化政策的成本更低 (Becker et al., 2010)。在泰国,为了满足 2021 年政府生物乙醇生产计划还需要约 16.25 亿 m^3 的灌溉用水,约占现有活水量的 3% (Gheewala et al., 2013)。在美国,森林保护计划有利于提高水支付意愿 (Kreye et al., 2014); 滴灌补贴会增加灌溉面积和农业生产总值 (Brinegar and Ward, 2009)。在美加边境,美国能源独立和安全法案改变了北部红河盆地的农业土地利用类型,进而影响区域水资源 (Lin et al., 2015)。在中国,“十一五”节能减排政策有助于节水 (Gu et al., 2014)。法令研究有对单一水法律或指令实施前后的效果进行比较,也有基于农业、资源、环境等政策讨论水问题,还包括对若干水政策关系的讨论。

二、水制度量化研究的方法

水价、水量、水质、工程和法令五类研究对象中,有些易量化,有些不易量化;有些时候易量化,有些时候不易量化。水价、水量和水质往往被认为易量化,居民和工业水价的高低、水配额的多少以及 I~V 类水等是具体的量化指标。工程和法令则往往难以量化,可能只存在有无之分。那些被认为是容易量化的水制度研究对象在有些时候也难以估计。以水价提价政策为例,虽然水价容易被量化,但各地区在什么时候提价多少又千差万别。如何量化水价提价政策等难以量化的水制度研究对象需要有特定的方法,目前常见的有虚拟变量法、规制强度法和内容分析法等。

(一) 虚拟变量法

虚拟变量法是指通过工程建设或政策实施前后情况的比较,或通过制度变量 0 和 1 的设置,或通过对照组和实验组的设计来评价水制度绩效。工程建设或政策实施前后情况的比较体现了最为原始且经典的虚拟变量法思想。前后情况的比较主要是分析工程建设前后资源、环境、经济等要素的变化 (Williams and Wolman, 1984; Richter and Thomas, 2007; Sandoval-Solis et al., 2010; Ai et al., 2015),或政策实施前后成本收益的变化,如欧盟水框架指令和清洁水法分别在苏格兰和美国的成本收益分析 (Morgan and Owens, 2001; Hanley and Black, 2006)。

随着计量经济学的兴起，0 和 1 的设置被广泛用于分析水制度绩效在制度实施前后的变化。0~1 方式的水制度变量设置可以是时间维度上的，也可以是空间维度上的。时间维度上水制度变量的 0~1 设置一般将制度实施之前的年份设为 0，而制度实施之后的年份设为 1；空间维度上水制度变量的 0~1 设置一般将有水制度的地区设为 1，而无水制度的地区设为 0 (Houtven et al., 2007; Kreye et al., 2014)。

当通过设计对照组和实验组并运用随机或自然实验的办法研究水制度绩效时，双重差分或三重差分方法应用广泛。双重差分研究的经验文献如 20 世纪 90 年代阿根廷水务私有化制度安排让儿童死亡率下降 8% (Sebastian et al., 2005)，以及印度和中国的案例 (Pattanayak et al., 2010; Zhang et al., 2017)。还有研究从水污染相关企业和水污染无关企业、有河流经过县域和无河流经过县域、省内下游县域和省内非下游县域三个维度运用三重差分分析中国水污染治理政策的效果 (Cai et al., 2016)；以及从阶梯水价试点前后、有无参加阶梯水价试点的家庭和平均季节性用水量的排序三个维度运用三重差分考察美国北卡罗来纳州的居民用水量 (Wichman, 2014)。

虚拟变量法可以根据 0~1 水制度变量的显著性水平判定其影响，适用于水制度难以从强度、高度、广度或深度等维度加以量化的情形。这一处理方式也由于无法精确地给定水制度的具体影响而颇受争议，毕竟仅考虑水制度的有无而忽略每项水制度的具体区别并不能全面准确量化水制度及其影响。

(二) 规制强度法

水规制强度可以根据水制度的类型分为水资源规制强度、水环境规制强度和水生态规制强度；可以根据规制强度的构造方法分为水规制区域强度指标、水规制数量强度指标、水规制累计强度指标等 (谢慧明、沈满洪, 2016)。规制强度法旨在刻画制度差异而不仅是有无；虚拟变量是离散的，而水规制强度是连续的，如水价、水配额、单位 GDP 耗水量、政策数量等。

更高水价往往意味着更高水规制强度。人们对阶梯水价中水价档次的提升反应显著 (Nataraj and Hanemann, 2011)，提价政策是实现工业节水的传统手段 (谢慧明等, 2018)。水配额是水规制强度的又一指标。水配额越小，水规制强度越大。水配额制度安排可以是直接限制取水或用水 (Lehmann and Finger, 2014)，也可以是限制水的使用次数，如灌溉次数 (Ozan and Alsharif, 2013)。还有一类水规制强度指标衍生于环境规制强化制度指标，如单位 GDP 耗水量、单位 GDP 废水排放量或水规制政策数量等 (Low and Yeats, 1992; Cole and Elliott, 2003; 张成等, 2015; 沈满洪等, 2017)。单一的环境规制指标还包括环境执法中的惩罚金额、环境治理投入和污染物排放相关指标 (王兵等, 2010; 包群等, 2013; 王勇、李建民, 2015)。基于各类指数的综合规制强度也被用于刻画水规制强度，如第三方可持续发展指标、环境规制强度综合指数、基于虚拟变量法量化后再核算的水规制强度等 (陆旸, 2009; 李玲、陶锋, 2012; 谢慧明、沈满洪, 2016)。

规制强度法主要适用于水价、水量和水质。一方面，水规制强度既可以从传统水

价、水配额等角度进行设置,也可以从水环境角度进行设置;另一方面,水规制强度既可以是单一的数量式连续型变量,也可以是复合的指数式连续型变量。相比而言,虚拟变量法下水制度有无的研究并不十分精准,而与之相关的制度执行变量更为重要,至少在环境污染上如此(刘建国等,2012;包群等,2013)。然而,由于没有统一的指标设置标准,水规制强度的全面性、合理性和稳健性有待强化。

(三) 内容分析法

水规制强度高的地区其水制度绩效反而较低(谢慧明、沈满洪,2016)。“一纸空文”式的政策不可能产生效果,只有当制度被执行后人们才有可能对水规制做出反应(包群等,2013)。这就对水制度的量化提出了更高的要求,即需要对制度内容进行量化。

与政策数量相比,政策内容更能体现制度的差异性。譬如,最严格的水资源总量控制制度在各省市均有相应的实施办法,此时省际或市际水规制强度的差异体现为水资源总量的差异。由此可见,如水价、水配额、管网投入或治理投资、惩罚金额等规制强度指标也是内容分析法的重要组成部分。只不过,在规制强度法下此类指标或已经被量化、收集并进行统计处理;而在内容分析法中,相应的指标需要进一步比较、分析并进行量化处理。

内容分析法的重点是文本解读并进行元分析。水制度量化研究的元分析主要聚焦支付意愿及其影响因素。湿地保护支付意愿的元分析较早被关注,湿地功能的支付意愿从高到低依次为防洪、供水、改善水质和保护生物多样性(Brouwer et al., 1999)。水质支付意愿存在系统性差别,水质改善程度、家庭收入以及被调查者是否为水质改善的受益者等是关键因素(Houtven et al., 2007)。水环境保护方式、水资源类型,以及空间和时间因素也被认为会影响支付意愿(Kreye et al., 2014)。由于支付意愿相关研究在调查问题、调查队伍、调查分析等环节均存在显著异质性,研究者难以将所有信息进行统一规范处理,内容分析法也仍有待完善。

内容分析法非常适用于有文本信息的法令。完善内容分析法的一个重要方向是基于指标体系及水制度量化方法对政策文本进行解读,或可参考环境信息公开指数构建研究(肖淑芳、胡伟,2005;Clarkson et al., 2008; Meng et al., 2013)。在自上而下的制度推广过程中,统一政策解读方式有助于地方政府更精准地贯彻执行上一级政府下达的任务或举措。当然,内容分析法也面临合理性和稳健性等争议。

三、水制度量化研究的框架

水制度量化研究的方法重在揭示如何量化水制度,尤其是那些难以量化的水制度研究对象。水制度量化研究的框架关注的是如何理解量化后的水制度所可能产生的影响,如对用水量的影响以揭示节水效应、对水污染物排放量的影响以揭示减排效应、对地区经济产出的影响以揭示经济效应等。节水 and 减排效应往往在局部均衡的框架下

展开，其经济效应可在一般均衡框架下推进。

（一）局部均衡的分析框架

水制度量化研究局部均衡分析旨在考察水制度的成本或收益。该分析框架一般是在确定目标函数的同时给出约束条件和可行域，然后求解出可行域内目标函数的最优解。作为约束的水制度会随着研究对象的变化而变化，不变的有总量或价格约束等。在农业生产中，农业净收益是目标，用水量存在约束；此时，关注的量化对象为水量，考察的是取水总量控制制度（Amir and Fisher, 2000）。水资源配置契约在水量维度可被量化，在局部均衡框架下可通过径流量不得少于上游来水的二次型约束来刻画，此时，关注的量化对象依然为水量（Booker et al., 2005）。水量约束可以是取水总量控制，也可以是用水总量控制，还可以是水污染物排放总量控制。当总量控制突破自然总量或契约总量时，技术总量成为重要约束。水制度安排被作为约束条件纳入费效分析或利润最大化分析是局部均衡理论分析框架的重要特征。该分析框架局限于分析单目标（或单系统、单区域）的水制度影响，往往难以兼顾除制度设计初衷以外的影响，如社会或环境外部性等。

与作为约束不同，水有时候也被作为投入要素进入生产函数，或者水污染被作为坏产出进入生产函数。基于生产理论的水制度量化研究多见于水效率（范群芳等，2007；王学渊、赵连阁，2008；程永毅、沈满洪，2014；Xie et al., 2017）。虽然有学者指出将水作为投入要素纳入生产函数存在反事实弊端（Jia et al., 2016），但这并不妨碍基于生产理论推进水制度量化研究的经验分析。在局部均衡经验分析框架中，被解释变量有水资源量、用水量、节水量、水污染物减排量、水质改善支付意愿、水效率等。水制度有时也作为解释变量出现，具体变量有水利工程建设前后、水政策实施前后、水价、水治理投资、水质目标等，涵盖所有可能的五类研究对象。

不管是“因为水”，还是“为了水”，水制度量化研究的局部均衡经验框架依赖控制变量法、随机实验法和自然实验法等分析技术。控制变量法是考察水制度及其绩效的传统方法，如中国水质制度和水量制度的节水减排效应研究（沈满洪等，2017）。然而，控制变量易受其他解释变量的影响且很难找全水制度绩效的影响因素，遗漏变量问题突出。当水制度的实施与某些遗漏变量相关时，内生性问题又难以解决。为了解决遗漏变量或内生性等问题，随机实验法为水制度研究提供了新思路（Ferraro et al., 2011；Fielding et al., 2013；Katz et al., 2016）。高额的时间成本和经济成本使得随机实验难以大范围推广，自然实验以一种近似于随机实验的方式被用于研究水制度（Nataraj and Hanemann, 2011）。例如，通过比较处理组与参照组两类样本的排污变化可以揭示环境立法的减排效应（包群等，2013）。

（二）一般均衡的分析框架

一般均衡的分析框架具有投入产出和经济增长两个视角（Grossman and Krueger, 1995；Cole, 2004）。投入产出视角下，水制度量化研究的一般均衡思想体现在可计算一般均衡模型的构建和运用中（于浩伟、沈大军，2014）。在投入产出分析框架中，

水是重要的生产要素，很多学者把水资源视为生产要素纳入一般均衡模型。在投入产出价格模型中，平均成本定价和边际成本定价原则被采纳（Llop, 2008）。然而，水价具有明显的行政色彩，一般均衡分析框架需要从水需求角度来考察。考察的机制包括用水户产出的提高是否会增加用水需求，以及用水户的产出与灌溉用水需求存在何种关系（Heerden et al., 2008）。

经济增长视角下，一般均衡分析框架考察的是若干部门之间的一种联动，如生产部门、消费部门和政府部门等。Brouwer等（2008）将水污染视作生产环节的负产出，并构建了由27个生产部门组成的一般均衡模型。该模型包括生产者、消费者和政府，以及由三类市场主体所构成的商品和要素市场、金融市场和环境品交易市场。为了更好地解释政策冲击的影响，动态随机一般均衡模型被用来分析水制度。与作为约束的水制度不同，动态随机一般均衡模型将水作为投入要素（Li and Swain, 2016）。水政策的冲击表现为全要素生产率的随机扰动对均衡产出、资本和劳动的影响以及水资源消耗量对全要素生产率冲击的响应。

两类视角的一般均衡分析框架突破了局部均衡分析范式，可以考察多目标、产业间和跨区域的水制度绩效。投入产出法的理论与经验研究成果丰硕，但它局限于水价、水量或水质的水制度量化研究。经济增长视角的经验研究十分匮乏，动态随机一般均衡模型有望随着贝叶斯方法的兴起被运用于水制度量化研究。

四、小结

水价、水量、水质、工程和法令是文献中重点关注的五类水制度量化研究对象。五类研究对象具有相对清晰的边界，当然也存在对象的叠加与组合，譬如关于水价的法令、为了配置水量的工程和为了改善水质的法令等。就单一的量化对象而言，水价、水量和水质一般通过规制强度法进行量化，工程和法令则分别通过虚拟变量法和内容分析法进行量化。当量化对象进一步叠加或组合时，量化难度增加，系统化量化研究对象是重要趋势。水制度绩效一般是指水制度安排的绩效，包括水的绩效，因为人类经济活动所考察的水一般对应着特定的制度安排。绩效导向的水制度量化研究局部均衡框架得到了较好的关注与实践，然而一般均衡框架的构建与运用有待强化。总而言之，应践行系统分析思路、探讨方法的稳健性、完善一般均衡框架，以进一步推进水制度量化研究。

（1）构建水质、水量、水价、工程、法令“五位一体”的水制度量化研究对象，践行水制度量化研究的系统分析思路。水制度量化研究对象之间的关系主要体现在水价和水量，其他关系略有涉及，但总的来说相对薄弱。单一研究对象内部关系的讨论重点在于工程和法令，工程中大坝与小坝的关系、法令中市场选择型水制度安排与命令控制型水制度安排的关系等均值得深入。一般而言，富水地区水价相对较低、缺水地区水价相对较高、优质水源的供水价格相对较高、水工程建设会提高水价、出台水

法令旨在控质、控量、控水价。水价是水制度量化研究的核心，围绕水价构建水质、水量、水价、工程、法令“五位一体”的水制度量化研究对象有利于优化水制度结构，有利于选择最优制度组合及其方式，有利于践行水制度量化研究的系统分析思路。

(2) 区分水在经济社会发展规律中所扮演的投入、产出、约束或润滑角色，探讨水制度量化研究方法论的稳健性。水的经济社会发展规律到底如何且稳不稳并不明确。在个案研究中，有学者将水作为一种投入要素，或将污水作为一种坏产出，或将水或污水作为约束条件，或将水作为“润滑剂”作用于全要素生产率。他们虽然都给出了统计上显著的研究结果，却让人对水的经济社会发展规律的认识更加无助。水制度量化研究需要明确哪一类水制度建设思路更好、量化方法更好、分析框架更好。作为投入的水，提高水资源的利用效率是水制度量化研究的关键；作为产出的水，提高水环境的利用效率是关键；作为约束或润滑的水，提高水的全要素生产率能够刻画技术进步所可能带来的水环境容量和水资源总量的增加。因此，水效率是水制度量化研究方法论稳健性讨论的重要标准。

(3) 发挥水市场在处理“水多了”“水少了”“水脏了”等问题上的经济调节作用，完善水制度量化研究的一般均衡框架。一时一地的制度安排或可产生截然不同的政策效果，因此水制度量化研究需要在一般均衡框架下推进，即需要综合考虑区域间、产业间、系统间和目标间的关系以及诸如区域内产业间、产业内系统间、系统内目标间等的关系。譬如，一个旨在节水的水制度是否只要能够实现节水就是一个好制度，一个旨在减排的水制度是否能够实现减排就是一个好制度？如果答案是“是”，那么制度设置的目标十分重要；如果答案是“否”，那么好的制度安排或许应该满足不同主体的多种诉求，即需要构建包含生产者、消费者、政府等多治理主体的一般均衡分析框架。

参考文献

- 包存宽、张敏、尚金城（2000）：《流域水污染物排放总量控制研究——以吉林省松花江流域为例》，《地理科学》第1期，第61~64页。
- 包群、邵敏、杨大利（2013）：《环境管制抑制了污染排放吗？》，《经济研究》第12期，第42~54页。
- 程永毅、沈满洪（2014）：《要素禀赋、投入结构与工业用水效率——基于2002~2011年中国地区数据的分析》，《自然资源学报》第12期，第2001~2012页。
- 范群芳、董增川、杜芙蓉（2007）：《农业用水和生活用水效率研究与探讨》，《水利学报》第S1期，第465~469页。
- 胡鞍钢、王亚华（2000）：《转型期水资源配置的公共政策：准市场和政治民主协商》，《中国水利》第11期，第5~11页。
- 贾绍凤、康德勇（2000）：《提高水价对水资源需求的影响分析——以华北地区为例》，《水科学进展》第1期，第49~53页。

金菊良、崔毅、杨齐祺等(2015):《山东省用水总量与用水结构动态关系分析》,《水利学报》第5期,第551~557页。

李玲、陶锋(2012):《中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角》,《中国工业经济》第5期,第70~82页。

李眺(2007):《我国城市供水需求侧管理与水价体系研究》,《中国工业经济》第2期,第43~51页。

刘建国、陈文江、徐中民(2012):《干旱区流域水制度绩效及影响因素分析》,《中国人口·资源与环境》第10期,第13~18页。

刘莹、黄季焜、王金霞(2015):《水价政策对灌溉用水及种植收入的影响》,《经济学(季刊)》第4期,第1375~1392页。

陆昉(2009):《环境规制影响了污染密集型商品的贸易比较优势吗?》,《经济研究》第4期,第28~40页。

庞振凌、常红军、李玉英等(2008):《层次分析法对南水北调中线水源区的水质评价》,《生态学报》第4期,第1810~1819页。

秦长海、赵勇、裴源生(2010):《农业水价调整对广义水资源利用效用研究》,《水利学报》第9期,第1094~1100页。

沈满洪、谢慧明、程永毅等(2016):《中国工业节水战略研究》,北京:中国财政经济出版社。

沈满洪、谢慧明、李玉文等(2017):《中国水制度研究》,北京:人民出版社。

王兵、吴延瑞、颜鹏飞(2010):《中国区域环境效率与环境全要素生产率增长》,《经济研究》第5期,第95~109页。

王浩(2011):《实行最严格的水资源管理制度关键技术支撑探析》,《河南水利与南水北调》第9期,第8页。

王学渊、赵连阁(2008):《中国农业用水效率及影响因素——基于1997~2006年省区面板数据的SFA分析》,《农业经济问题》第3期,第10~18、110页。

王亚华(2007):《中国治水转型:背景、挑战与前瞻》,《水利发展研究》第9期,第4~9页。

王勇、李建民(2015):《环境规制强度衡量的主要方法、潜在问题及其修正》,《财经论丛(浙江财经大学学报)》第5期,第98~106页。

王媛、张宏伟、杨会民等(2009):《信息熵在水污染物总量区域公平分配中的应用》,《水利学报》第9期,第1103~1107、1115页。

肖淑芳、胡伟(2005):《我国企业环境信息披露体系的建设》,《会计研究》第3期,第47~52、94页。

谢慧明、强朦朦、沈满洪(2018):《中国工业水价结构性改革研究:水资源费的视角》,《浙江大学学报(人文社会科学版)》第4期,第54~73页。

谢慧明、沈满洪(2016):《中国水制度的总体框架、结构演变与规制强度》,《浙江大学学报(人文社会科学版)》第4期,第91~104页。

谢慧明、俞梦绮、沈满洪(2016):《国内水生态补偿财政资金运作模式研究:资金流向与补偿要素视角》,《中国地质大学学报(社会科学版)》第5期,第30~41页。

闫宝伟、郭生练、肖义 (2007):《南水北调中线水源区与受水区降水丰枯遭遇研究》,《水利学报》第10期,第1178~1185页。

严登华、罗翔宇、王浩等 (2007):《基于水资源合理配置的河流“双总量”控制研究——以河北省唐山市为例》,《自然资源学报》第3期,第321~328、497页。

于浩伟、沈大军 (2014):《CGE模型在水资源研究中的应用与展望》,《自然资源学报》第9期,第1626~1636页。

张成、郭炳南、于同申 (2015):《污染异质性、最优环境规制强度与生产技术进步》,《科研管理》第3期,第138~144页。

张晓 (2004):《大型水电工程设施(大坝)的经济学思考》,《数量经济技术经济研究》第7期,第66~75页。

郑新业、李芳华、李夕璐等 (2012):《水价提升是有效的政策工具吗?》,《管理世界》第4期,第47~59页。

左其亭、李可任 (2013):《最严格水资源管理制度理论体系探讨》,《南水北调与水利科技》第1期,第34~38、65页。

Ai, X. S., S. Sandoval-Solis and H. E. Dahlke, et al. (2015), “Reconciling Hydropower and Environmental Water Uses in the Leishui River Basin”, *River Research and Applications*, 31 (2), pp. 181 – 192.

Amir, I. and F. M. Fisher (2000), “Response of Near-optimal Agricultural Production to Water Policies”, *Agricultural Systems*, 64 (2), pp. 115 – 130.

Balali, H., S. Khalilian and D. Viaggi, et al. (2011), “Groundwater Balance and Conservation Under Different Water Pricing and Agricultural Policy Scenarios: A Case Study of the Hamadan-Bahar Plain”, *Ecological Economics*, 70 (5), pp. 863 – 872.

Bartolini, F., G. M. Bazzani and V. Gallerani, et al. (2007), “The Impact of Water and Agriculture Policy Scenarios on Irrigated Farming Systems in Italy: An Analysis Based on Farm Level Multi-attribute Linear Programming Models”, *Agricultural Systems*, 93 (1), pp. 90 – 114.

Becker, N., D. Lavee and D. Katz (2010), “Desalination and Alternative Water-shortage Mitigation Options in Israel: A Comparative Cost Analysis”, *Journal of Water Resource and Protection*, 2 (12), pp. 1042 – 1056.

Berbel, J. and J. A. Gómez-Limón (2000), “The Impact of Water-pricing Policy in Spain: An Analysis of Three Irrigated Areas”, *Agricultural Water Management*, 43 (2), pp. 219 – 238.

Bikangaga, J. H. and V. Nassehi (1995), “Application of Computer Modelling Techniques to the Determination of Optimum Effluent Discharge Policies in Tidal Water Systems”, *Water Research*, 29 (10), pp. 2367 – 2375.

Bohlen, C. and L. Y. Lewis (2009), “Examining the Economic Impacts of Hydropower Dams on Property Values Using GIS”, *Journal of Environmental Management*, 90, pp. 258 – 269.

Booker, J. F., A. M. Michelsen and F. A. Ward (2005), “Economic Impact of Alternative Policy Responses to Prolonged and Severe Drought in the Rio Grande Basin”, *Water Resources Research*, 41 (2), pp. 1 – 15.

Brinegar, H. R. and F. A. Ward (2009), “Basin Impacts of Irrigation Water Conservation Policy”,

Ecological Economics, 69 (2), pp. 414 – 426.

Brouwer, R. , M. Hofkes and V. Linderhof (2008), “General Equilibrium Modelling of the Direct and Indirect Economic Impacts of Water Quality Improvements in the Netherlands at National and River Basin Scale”, *Ecological Economics*, 66 (1), pp. 127 – 140.

Brouwer, R. , I. H. Langford and I. J. Bateman, et al. (1999), “A Meta-analysis of Wetland Contingent Valuation Studies”, *Regional Environmental Change*, 1 (1), pp. 47 – 57.

Cai, H. , Y. Chen and Q. Gong (2016), “Polluting Thy Neighbor: Unintended Consequences of China’s Pollution Reduction Mandates”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, pp. 86 – 104.

Cestti, R. and R. P. S. Malik (2012), *Indirect Economic Impacts of Dams Impacts of Large Dams: A Global Assessment*, Berlin: Springer.

Clarkson, P. M. , Y. Li and G. D. Richardson, et al. (2008), “Revisiting the Relation between Environmental Performance and Environmental Disclosure: An Empirical Analysis”, *Accounting Organizations & Society*, 33 (4 – 5), pp. 303 – 327.

Cole, M. A. (2004), “Economic Growth and Water Use”, *Applied Economics Letters*, 11 (1), pp. 1 – 4.

Cole, M. A. and R. J. Elliott (2003), “Determining the Trade-environment Composition Effect: The Role of Capital, Labor and Environmental Regulations”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 46 (3), pp. 363 – 383.

Doole, G. J. (2012), “Cost-effective Policies for Improving Water Quality by Reducing Nitrate Emissions from Diverse Dairy Farms: An Abatement-cost Perspective”, *Agricultural Water Management*, 104, pp. 10 – 20.

Fassio, A. , C. Giupponi and R. Hiederer, et al. (2005), “A Decision Support Tool for Simulating the Effects of Alternative Policies Affecting Water Resources: An Application at the European Scale”, *Journal of Hydrology*, 304 (1), pp. 462 – 476.

Ferraro, P. J. , J. J. Miranda and M. K. Price (2011), “The Persistence of Treatment Effects with Norm-Based Policy Instruments: Evidence from a Randomized Environmental Policy Experiment”, *American Economic Review*, 101 (3), pp. 318 – 322.

Fielding, K. S. , A. Spinks and S. Russell, et al. (2013), “An Experimental Test of Voluntary Strategies to Promote Urban Water Demand Management”, *Journal of Environmental Management*, 114, pp. 343 – 351.

Gheewala, S. H. , T. Silalertruksa and P. Nilsalab, et al. (2013), “Implications of the Biofuels Policy Mandate in Thailand on Water: The Case of Bioethanol”, *Bioresource Technology*, 150, pp. 457 – 465.

Gren, I. M. , P. Jannke and K. Elofsson (1997), “Cost-Effective Nutrient Reductions to the Baltic Sea”, *Environmental and Resource Economics*, 10 (4), pp. 341 – 362.

Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1995), “Economic Growth and the Environment”, *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2), pp. 353 – 377.

Gu, A. , F. Teng and Y. Wang (2014), “China Energy-water Nexus: Assessing the Water-saving Synergy Effects of Energy-saving Policies During the Eleventh Five-year Plan”, *Energy Conversion and Management*, 85, pp. 630 – 637.

Han, H. Y. and L. G. Zhao (2007), “The Impact of Water Pricing Policy on Local Environment - An

- Analysis of Three Irrigation Districts in China”, *Agricultural Sciences in China*, 6 (12), pp. 1472 – 1478.
- Hanley, N. and A. R. Black (2006), “Cost-Benefit Analysis and the Water Framework Directive in Scotland”, *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2 (2), pp. 156 – 165.
- Heerden, J. H. V., J. Blignaut and M. Horridge (2008), “Integrated Water and Economic Modelling of the Impacts of Water Market Instruments on the South African Economy”, *Ecological Economics*, 66 (1), pp. 105 – 116.
- Houtven, G. V., J. Powers and S. K. Pattanayak (2007), “Valuing Water Quality Improvements in the United States Using Meta-analysis: Is the Glass Half-full or Half-empty for National Policy Analysis?”, *Resource and Energy Economics*, 29 (3), pp. 206 – 228.
- Jia, S., Q. Long and R. Y. Wang, et al. (2016), “On the Inapplicability of the Cobb-Douglas Production Function for Estimating the Benefit of Water Use and the Value of Water Resources”, *Water Resources Management*, 30 (10), pp. 3645 – 3650.
- Katz, D., A. Grinstein and A. Kronrod, et al. (2016), “Evaluating the Effectiveness of a Water Conservation Campaign: Combining Experimental and Field Methods”, *Journal of Environmental Management*, 180 (9), pp. 335 – 343.
- Kreye, M., D. Adams and F. Escobedo (2014), “The Value of Forest Conservation for Water Quality Protection”, *Forests*, 5 (5), pp. 862 – 884.
- Lakshminarayan, P. G., A. Bouzaher, and J. F. Shogren (1996), “Atrazine and Water Quality: An Evaluation of Alternative Policy Options”, *Journal of Environmental Management*, 48 (2), pp. 111 – 126.
- Lehmann, N. and R. Finger (2014), “Economic and Environmental Assessment of Irrigation Water Policies: A Bioeconomic Simulation Study”, *Environmental Modelling & Software*, 51, pp. 112 – 122.
- Li, C. Z. and R. B. Swain (2016), “Growth, Water Resilience, and Sustainability: A DSGE Model Applied to South Africa”, *Water Economics and Policy*, 2 (04), 1650022.
- Lin, Z., M. J. Anar and H. Zheng (2015), “Hydrologic and Water-quality Impacts of Agricultural Land Use Changes Incurred from Bioenergy Policies”, *Journal of Hydrology*, 525, pp. 429 – 440.
- Llop, M. (2008), “Economic Impact of Alternative Water Policy Scenarios in the Spanish Production System: An Input-output Analysis”, *Ecological Economics*, 68 (1 – 2), pp. 288 – 294.
- Low, P. and A. Yeats (1992), “Do ‘Dirty’ Industries Migrate?”, in Low, P. (ed.), *International Trade and the Environment*, Washington: World Bank, pp. 89 – 103.
- Meng, X., S. Zeng and C. M. Tam (2013), “From Voluntarism to Regulation: A Study on Ownership, Economic Performance and Corporate Environmental Information Disclosure in China”, *Journal of Business Ethics*, 116 (1), pp. 217 – 232.
- Molle, F., J. P. Venot and Y. Hassan. (2008), “Irrigation in the Jordan Valley: Are Water Pricing Policies Overly Optimistic?”, *Agricultural Water Management*, 95 (4), pp. 427 – 438.
- Morgan, C. and N. Owens (2001), “Benefits of Water Quality Policies: The Chesapeake Bay”, *Ecological Economics*, 39 (2), pp. 271 – 284.
- Nataraj, S. and W. M. Hanemann (2011), “Does Marginal Price Matter? A Regression Discontinuity Approach to Estimating Water Demand”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 61 (2), pp. 198 – 212.

- Ozan, L. A. and K. A. Alsharif (2013), "The Effectiveness of Water Irrigation Policies for Residential Turfgrass", *Land Use Policy*, 31, pp. 378 – 384.
- Palmieri, A., F. Shah and A. Dinar (2001), "Economics of Reservoir Sedimentation and Sustainable Management of Dams", *Journal of Environmental Management*, 61 (2), pp. 149 – 163.
- Pattanayak, S. K., C. Poulos and J. C. Yang, et al. (2010), "How Valuable Are Environmental Health Interventions? Evaluation of Water and Sanitation Programmes in India", *Bulletin of the World Health Organization*, 88 (7), pp. 535 – 542.
- Pircher, W. (1993), "36000 Dams and Still More Needed", *International Water Power & Dam Construction*, 45, pp. 15 – 18.
- Qdais, A. H. and H. I. A. Nassay (2001), "Effect of Pricing Policy on Water Conservation: A Case Study", *Water Policy*, 3 (3), pp. 207 – 214.
- Recio, B., F. Rubio and J. Lomban, et al. (1999), "An Econometric Irrigated Crop Allocation Model for Analyzing the Impact of Water Restriction Policies", *Agricultural Water Management*, 42 (1), pp. 47 – 63.
- Reznik, A., E. Feinerman and I. Finkelshtain, et al. (2017), "Economic Implications of Agricultural Reuse of Treated Wastewater in Israel: A Statewide Long-term Perspective", *Ecological Economics*, 135, pp. 222 – 233.
- Richter, B. and G. Thomas (2007), "Restoring Environmental Flows by Modifying Dam Operations", *Ecology and Society*, 12 (1), pp. 181 – 194.
- Ruijs, A., A. Zimmermann and M. V. D. Berg (2008), "Demand and Distributional Effects of Water Pricing Policies", *Ecological Economics*, 66 (2), pp. 506 – 516.
- Sandoval-Solis, S., B. Reith and D. C. McKinney (2010), *Hydrologic Analysis before and after Reservoir Alteration at the Big Bend Reach, Rio Grande/Rio Bravo*, Austin: University of Texas.
- Sebastian, G., G. Paul and S. Ernesto (2005), "Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality", *Journal of Political Economy*, 113 (1), pp. 83 – 120.
- Shiferaw, B., V. R. Reddy and S. P. Wani (2008), "Watershed Externalities, Shifting Cropping Patterns and Groundwater Depletion in Indian Semi-arid Villages: The Effect of Alternative Water Pricing Policies", *Ecological Economics*, 67 (2), pp. 327 – 340.
- Volk, M., J. Hirschfeld and A. Dehnhardt, et al. (2008), "Integrated Ecological-economic Modelling of Water Pollution Abatement Management Options in the Upper Ems River Basin", *Ecological Economics*, 66 (1), pp. 66 – 76.
- Webber, M., B. Crow-Miller and S. Rogers (2017), "The South-North Water Transfer Project: Remaking the Geography of China", *Regional Studies*, 51 (3), pp. 370 – 382.
- Wichman, C. J. (2014), "Perceived Price in Residential Water Demand: Evidence from a Natural Experiment", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 107, pp. 308 – 323.
- Williams, G. P. and M. G. Wolman (1984), "Downstream Effects of Dams on Alluvial Rivers", *U. S. Geological Survey Professional Paper 1286*, pp. 1 – 83.
- Wolf, J., R. Rötter and O. Oenema (2005), "Nutrient Emission Models in Environmental Policy Evaluation at Different Scales-experience from the Netherlands", *Agriculture, Ecosystems & Environment*,

105 (1), pp. 291 – 306.

Xie, H. , M. Shen and C. Wei (2017), “Assessing the Abatement Potential and Cost of Chinese Industrial Water Pollutants”, *Water Policy*, wp2017082.

Zhang, B. , K. Fang and K. Baerenklau (2017), “Have Chinese Water Pricing Reforms Reduced Urban Residential Water Demand?”, *Water Resources Research*, 53 (6), pp. 5057 – 5069.

Zhu, Y. P. , H. P. Zhang and L. Chen, et al. (2008), “Influence of the South-North Water Diversion Project and the Mitigation Projects on the Water Quality of Han River”, *Science of the Total Environment*, 406 (1), pp. 57 – 68.

Progress in Quantitative Research of Water Institutions : Object, Method and Framework

XIE Hui-ming¹, WU Ying-long², SHEN Man-hong¹

(1. School of Business, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. School of Economics, Zhejiang University, Hangzhou 311100, China)

Abstract: It is an essential and first step to take quantitative analysis of water institutions when its performance is estimated. The objects of the quantitative analysis include the water price, water quantity, water quality, water project and water regulation. Three methods are refined and refer to the dummy setting, the regulatory intensity and the meta-analysis. The regulatory intensity could be calculated by the water price, water quantity and water quality, while the dummy variable is often set before or after the water project construction and the meta-analysis is customized for water regulation. Meanwhile, the quantitative research aims at estimating the performance of water institutions under the framework of partial or general equilibrium, and the empirical studies are often conducted through controlled variables, random experiment, natural experiment, computable general equilibrium model, etc. As a result, systematic thinking of water institutions, robustness check of quantitative methods and more comprehensive general equilibrium framework are concluded as the left studies for the future.

Key Words: water institution; quantitative research; object; method; framework

责任编辑：庄立