

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.05.017

水资源管理手段创新研究进展

沈兴兴, 马忠玉, 曾贤刚

(中国人民大学环境学院, 北京 100872)

摘要:从水资源配置、水资源使用效率、雨水利用和管理、水资源污染治理、公共参与等多个角度, 综述了国内外水资源管理手段创新的研究进展, 简要分析了各种创新手段在我国的应用现状和前景, 认为水资源管理手段的演化朝着更顺应自然, 更注重生态系统的原生态保护, 更注重市场、经济手段的应用, 更兼顾效率与公平的方向发展。

关键词:水资源管理; 管理手段; 手段创新; 综述

中图分类号: TV213.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2015)05-0087-09

Research progress of water resource management methods innovation

SHEN Xingxing, MA Zhongyu, ZENG Xiangang

(School of Environment and Nature Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Research progress of water resource management methods innovation at home and abroad was reviewed from the aspects of water resource allocation, water resource use efficiency, rainwater utilization and management, water resources pollution control, public participation, etc. Meanwhile, the application status as well as the potential of different innovative solutions in China was simply analyzed. The authors of this paper thought that the evolution of water resources management should be developed towards the direction of more natural, paying more attention to the original ecological protection of the ecological system, caring more about the application of market, economic means, giving consideration to both justice and efficiency.

Key words: water resources management; management method; method innovation; review

工业化、城市化进程对水资源掠夺式的开发和利用, 对水资源管理带来了极大的不确定性, 水资源管理手段亟须在现有基础上改革创新, 实现水资源的可持续、适应性管理。

传统水资源供给管理通过不断扩张性开发水资源来满足人口增长和经济社会发展对水资源日益增长的需求, 结果造成对水资源的过度开发利用, 导致一系列生态环境问题。这种供给管理模式, 从长远看, 不仅难以做到对水资源的公平分配, 更谈不上对水资源的优化配置和高效利用^[1], 而且还可能破坏水资源的自然循环过程及其再生能力, 并诱发和产生自然水循环与社会水循环两种过程之间的不协调问题^[2], 因而是不可持续的。人们逐渐认识到, 可通过调控各种用水者的用水需求, 实行水资源需求

管理, 实现保护水资源、更好地管理和利用水资源的目的。水资源需求管理是指在水资源供给不足的刚性约束条件下, 遵循以供定需的原则, 综合运用行政、经济等多种管理手段规范人类在水资源开发利用中的行为, 抑制水资源需求的过快增长, 实现对有限水资源的优化配置和可持续利用^[3]。

我国水资源管理的整体趋势是逐步向国际靠拢, 由传统的供给型管理转向需求型管理, 由工程管理转向资源管理, 由单项工程技术手段转向综合管理手段^[4]。经济激励、公共参与、宣传教育和信息战略都是当今水需求管理的有力工具, 这些工具相比工程措施都更利于环境友好, 同时在平衡水供求关系方面更加经济有效^[5-7]。

基金项目: 国家社会科学基金(13&ZD045)

作者简介: 沈兴兴(1981—), 女, 博士研究生, 研究方向为环境经济学、自然资源管理。E-mail: xingxinghenry@126.com

1 水资源配置手段创新

1.1 基于生态需水、气候变化等因素的配置手段创新

近年来,随着世界上很多河流生态系统的恶化,越来越多的学者开始关注河流生态系统自身需水量研究。学术界将河流生态系统自身的需水量称作生态流、环境流。生态流、环境流是很多发达国家水资源配置时首先考虑的一个重要方面。近年来我国一些学者也开始从事生态需水量的研究。赵勇等^[8]认为水资源配置经历了从初步探索、系统分析与模拟、追求生态环境与社会经济协调发展,到注重社会公平与市场调节这4个阶段,并提出水资源配置应注意管理手段和工程措施并重,协调经济社会与生态环境的关系。冯夏清等^[9]提出了基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置的概念,将湿地作为优先级仅次于生活用水的优先用水单元,初步构建了基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置研究框架。Xia等^[10]开发了一种新的评估手段和水系统模型,预测满足不同自然水质目标下的生态需水量,或者满足河流健康和可持续发展城市的河流生态系统需水量。还有一些学者从统筹生态效益与经济效益的角度提出水资源合理配置手段,如粟晓玲等^[11]在基于生态系统服务的动态生态价值评估的基础上,初步建立了内陆河流域基于生态效益和经济效益统一度量的水资源合理配置模型。Santosh等^[12]开发了一个考虑了气候变化的城市水资源综合管理模型,该模型适用于不同气候变化情景下优化满足不同用水者包括河流自身生态用水需求的水量分配。

1.2 市场机制、经济手段创新

运用市场机制和经济手段来合理分配水资源,是目前国际社会在提高水资源利用效率、解决水事冲突中十分重视的政策和战略举措,以美国加州地下水水权交易市场、澳大利亚墨累达令水权市场、智利的水市场等最具有代表性。水市场最早在20世纪80年代引入澳大利亚,水权和水分配交易在公共和私人部门都得到广泛应用。Wheeler等^[13]研究发现南莫雷大凌河流域的一个州大约86%的灌溉者在2010—2011年至少进行一次水市场交易,水市场交易战略已经是灌溉者们在农田管理中普遍采用的一个工具。Wheeler等^[13]还强调要考虑气候变化的影响与水资源短缺的耦合作用。

党卫红等^[14]通过介绍智利、墨西哥、美国的水权交易案例,提出可交易水权制度是提高水资源的配置效率和利用效率的有效手段。张仁田^[15]尝试

采用博弈论对水资源初始分配中公平与效率的冲突进行分析,得出的结论为水交易加水资源费是解决冲突的最佳方法。王金霞等^[16]通过分析智利、墨西哥和美国加利福尼亚州等国家或地区在发展水权交易方面的实践,得出一些对我国建立合理的水权制度、适时开展水权交易的有益政策启示。单以红等^[17]认为水银行是调剂用水余缺、节约水交易成本和促进水资源可持续利用的一个有效工具,提出建立我国水银行制度的建议,讨论了水银行与水资源行政主管部门的关系、规避运作风险及化解交易外部性等3个问题。王亚华^[18]通过水权交易案例分析了水权交易在我国的发展现状,并指出水权市场在我国还面临着很多制约性因素,我国的水资源分配体系短期内还不可能建立在水权和水市场基础之上。王瑞萍等^[19]则认为政府不必一定要用税收、补贴等方法来消除私人成本和社会成本之间的差异,而只需界定并保护产权,建立减少交易成本的环境,那么水资源的优化配置就可实现。励效杰^[20]基于水权的可分性特点把水权分为所有权、经营权和使用权,提出了基于水权的水管理制度分析模型,并利用基于市场机制的水经营权管理的委托-代理模型,对基于市场机制的水经营权管理中的道德风险问题进行了系统的研究。陈艳俊^[21]建议在坚持水资源国家所有的前提下,将水资源的经营权、使用权等,通过承包、租赁等多种渠道推向市场,达到提高水资源经济价值和使用效率的目的。

另外,有学者从用水配额的角度探讨工业用水的定额管理,如,张士锋等^[22]以北京为例,提出工业用水定额可以分为主定额和辅助定额,认为实现用水定额管理的核心,是把所制定的用水定额转换成一个可以操作执行的行业和企业的水用指标。

笔者认为我国过去是计划经济体制,水资源管理政策倾向于行政命令手段,形成了单一的水资源供给体制,用水户参与权利小,造成供给效率低下。而当前我国是从计划经济转向市场经济体制的转型期,应该在水资源配置中尝试运用市场机制和经济手段,如开展水权交易。但正如上文中有的学者提到的,笔者也认为当前我国的水资源分配体系还不可能完全建立在水权和水市场的基础之上,因为还面临很多制度上、体制上的制约因素,如缺少法律上对水权的界定和缺少对所有权、经营权、使用权、收益权进行分割的具体规定,缺少交易市场的规则,而且公众意识也有待提高。

1.3 虚拟水贸易手段创新

虚拟水这一新概念,是指生产商品和服务过程中消费的所有水资源^[23]。虚拟水是产品中包含的

水,它以虚拟的形式体现出来。由于距离的限制,实体水贸易通常运输成本高昂,实际运作十分困难,因此虚拟水战略日益引起了缺水地区管理层的重视,并开始在水资源战略管理中应用^[24]。Hoekstra等^[25]总结了改善用水效率的3个层面及各自的管理手段:第1个层面是使用者层面,这个层面的主要管理手段是价格和技术,实现“区域水利用效率”的改善;第2个层面是流域层面,这一层面主要是采用高效的水量分配方法,合理分配不同用途的水量,实现“水量分配效率”的改善;第3个层面,那就是全球的水利用效率。贫水国家可以进口高耗水产品(水密集产品),出口低耗水产品和服务,即通过进口虚拟水,缓解国内水资源压力;而水量充沛的国家可以考虑出口虚拟水,这就形成了国际上的“虚拟水流”。

对于水资源紧缺的地区来说,虚拟水贸易提供了一种替代供应方式,并且不会产生恶劣的环境后果,能较好地减轻局地水资源紧缺的压力。粮食作为人类的生活必需品携带有大量的虚拟水,是当前世界贸易中数量最大的商品,所以,有关虚拟水研究主要围绕人口、粮食、贸易之间的关系展开。Chapagain等^[26]评估了1997—2001年全球范围棉花消费的“水足迹”,结果表明,1997—2001年全球范围的棉花产品消费需要每年256 Gm³的水,其中42%蓝水,39%绿水,19%污染的灰水;大约84%欧盟境内的水足迹来自欧洲以外地区(主要是印度和乌兹别克斯坦)。龙爱华等^[27]简要介绍了当前国际虚拟水研究进展和虚拟水计算方法,并根据我国西北地区的实际情况和资料的可获得性,计算了2000年新疆、青海、甘肃、陕西4省(自治区)居民消费的虚拟水数量和人均虚拟水消费量,认为虚拟水战略非常适合作为西北水资源紧缺地区的一项现实战略措施。然而,采用虚拟水战略,尽管可以从宏观角度平衡水的赤字,但也会引起粮食安全(如粮食进口出现问题)等涉及国家或地区稳定的一些问题^[28]。

笔者认为,在当前我国水资源相对缺乏且南北水资源分布不平衡的国情下,尤其在北方一些极度缺水地区,可以考虑采取虚拟水贸易手段,尽量减少高耗水作物的种植,在不危及国家粮食安全的前提下选择进口该类高耗水作物粮食,但这需要进一步研究了解我国各类农产品特别是高耗水产品虚拟水的贸易顺差、逆差现状。

2 改善用水效率的手段创新

2.1 改善农业灌溉用水效率

农业是用水大户,据统计,全球农业用水在整个

水资源消费中的比重大约70%,周国逸等^[29]通过研究发现,农业用水在我国各大区域中都占了很大比例,西南诸河和内陆河两区域的农业用水比例大于84.5%;松辽河、海河、黄河、淮河等流域的农业用水比例介于69.3%~78.7%之间;长江与珠江流域及东南诸河区域农业用水比例介于59.0%~64.6%之间。关于农业节水,大部分学者都建议通过喷洒、喷灌和滴灌等方式来节约农田用水。国外一些学者利用流域尺度有关灌溉数据,采用最佳管理实践开发了农田节水模型^[30]。张红丽^[31]在对节水生态农业模式示范区进行深入调查分析的基础上,提出了构建节水生态农业系统的理论体系。王金霞^[32]实证分析了诱导地下水灌溉系统产权制度创新的因素及影响地下水灌溉系统技术效率和产出水量的相关因素,探讨如何运用更有效的制度和政策工具来提高灌溉系统的运行效率、水资源的利用率,结果表明,不同产权制度对地下水灌溉系统技术效率的影响是不同的,非集体产权制度比集体产权制度可以显著提高灌溉系统的技术效率。

2.2 水价手段

水价政策是提高用水效率的一个常用的经济激励手段,Dawadi等^[33]调查了美国拉斯维加斯半干旱地区人口增长和气候变化对水资源的双重影响,使用16个全球气候预测模型模拟人口增长和气候变化对科罗拉多河水需求和水供应的影响。研究发现,如果不实施更进一步的需求管理政策,基于人口增长的预测,该地区在不远的将来将无法满足水需求。然而,通过水资源保护和水价政策的结合,未来可以维持水量供应。

我国学者针对水价的确定原则、制定方法、管理机制等开展了很多研究。汪恕诚^[34]从理论上将水价分为3个组成部分,即资源水价、工程水价和环境水价。沈大军^[4]从不同方面分析了水资源费征收的理论依据,同时建立了以成本费为基础的水资源费计算方法和以市场供需为基础的水资源费计算方法,分别从成本补偿和供需平衡两方面建立了水资源费标准的计算方法。截至2004年6月,我国有河北、山西、辽宁等14个省(自治区)的50多个城市实施了阶梯式水价^[18]。Xia等^[35]建议通过市场经济的管理手段合理确定水价并实施阶梯水价,通过使用市场工具进行经济规制,利用必要的激励机制进行合理补偿,提升用水者生产和生活过程的节水意识。世界银行政策分析与建议项目“中国:解决水资源短缺——从分析到行动”政策研究报告(2007年)指出,中国应积极推行基于边际机会成本(MOC)的水价改革:商业用水和工业用水,其水价

应能保证回收所有的边际机会成本;居民用水,第一阶梯水价的用水量应设定为每人 40L/d 为宜,超过该用水量的第二阶梯水价则应逐渐涨到边际机会成本。

王瑞萍等^[19]通过对水价和水权理论的研究,提出应建立非营利为主,并适当辅以补贴型和营利型水价模式的多元化、多层次具有中国特色的综合水价体系。吴娟等^[36]提出两部制水价是符合黑河中游水价现状的合理水价,并将两部制水价运用到黑河中游水价的制定中。张仁田^[15]根据不同的水价制定方法,分析了水资源再分配中水价对效率和公平性的影响,发现不同的水价制定方法对水资源再分配的公平性基本没有影响,而对水资源的使用效率有显著影响。黄涛珍^[37]借鉴经济发达国家在水价管理中的先进经验,提出了我国水价应加强柔性管理,变政府直接定价为政府宏观控制与社会监督相结合。唐增等^[38]通过分析发现不同水价制定方式在成本补偿、社会效益以及效益分配上的结果不同,在不考虑政府调节和执行成本的情况下,最终的水价等于用水者从水资源利用中获得的边际效益。

笔者认为水价管理应该区分工商业用水、居民生活用水。水资源在很大程度上具有公共产品的属性,但在我国的国情下,由于水资源量有限,使用者增加,而出现了拥挤效应,因而将水资源界定为准公共产品更为确切。从公共管理学的角度,对满足人类基本生活需求的这部分水资源,可作为基本必需的公共产品,由公共部门保障供给,对社会公众只是收取适当的供给和管理成本费用,而不应该借此盈利。与居民生活用水不同,工商业用水是为了实现盈利的需求,因此必须承担供水过程的全部成本,过低的水价只会纵容工商业用水的浪费低效,造成社会集体福利的损失,将对社会产生很大的负外部性。但目前国内尚缺乏分别针对居民生活用水和工商业用水的水价制定体系研究。

3 雨水利用和管理手段创新

很多国家很重视雨水管理,将雨水管理作为缓解城市水资源危机、维护水生态系统健康的重要战略和措施。可持续、近自然和多功能,已成为城市雨水管理的根本目标,强调预防优先、源头控制以及工程和非工程管理实践的结合,并通过法规、行政、经济等措施来保障实施^[39]。一些地区已经开始通过专门的立法并采取相应激励措施来促进雨水的使用。

过量的暴雨冲刷对陆地和水生生态系统都带来负面影响,很多发达国家都很重视暴雨管理。为了

应对范围和频率都日渐增多的暴雨事件,美国很多地方都在寻找一些经济有效的战略来管理暴雨冲刷带来的风险。美国国会于 1987 年通过了《联邦水污染控制法》修正案(简称暴雨出水限度和排放许可证制度(Storm NPDES Permit)),对暴雨排放进行管理^[40]。Parikh 等^[41]在分析联邦清洁水法和州层面与暴雨相关的水法规的基础上,提出暴雨使用者付费、暴雨径流收费、津贴市场、自愿交易制度等几种暴雨管理手段。Barbosa 等^[42]探索了可持续暴雨管理的影响因素和最佳暴雨管理实践的判定原则,指出暴雨管理的方法应该是灵活、有地方特色的,并充分考虑所在区域的行政和法律因素。

笔者认为当前我国的雨水利用和暴雨径流的管理工作相对落后,没有受到应有的重视,学术界领域也缺乏相应的研究,政府应该出台一系列政策手段促进雨水的收集和利用,减少暴雨径流给生态和人体健康带来的不良影响。

4 水污染治理手段创新

4.1 市场交易手段

在过去的 20 年里,一些发展和转型国家的决策者和学者们对是使用经济激励手段还是命令控制性手段来控制污染一直存在争议^[43]。笔者认为两种手段各有利弊,应互为补充,且在污染发展的不同阶段各有侧重。农业生产带来的非点源水污染被认为是美国和欧洲的一个主要环境问题。为了减少农业生产引起的氮污染,Maille 等^[44]提出了一种为了改善流域水质而向农民进行经济激励的支付手段,支付的基础是特定流域的水质,向农民支付的依据并不是农民进行水质保护的成本,而是流域达标的水质和水量,这种控制污染的手段风险较低,更天然,吸引了选定流域 53% 的农户参与,产生了很大的氮削减量。

美国的水质交易最初仅限于点源污染者之间的一种交易,经典的例子就是排污权交易。然而,还有一些研究指出,点源污染者与非点源污染者之间的交易可作为一个比传统命令控制性手段成本更低的改善水质和进行农业保护的重要手段^[45]。近年来出现的点源-非点源水质交易模式,指的是一个点源污染者向农户支付一定的费用用于保护水质,并将保护水质带来的成效作为自己污染达标的配额。这种模式不仅可以削减农业的非点源污染,而且降低了企业的减污成本,因为通常农户采用减少径流污染的方法所耗费的成本要比一个工厂安装先进减污技术的成本低^[46]。

我国在污染控制领域还主要依靠技术手段,缺

乏市场和经济手段的应用,亟须向发达国家借鉴相关经验。排污权交易目前也只是在极少数城市试点运行,整个排污权交易制度尚待建立和完善。关于污染治理的市场手段研究较少,大部分学者也都是笼统地提出一些政策建议,例如舒俊杰等^[47]提出在水污染严重地区推进排污总量控制、排污权交易及治污补贴,吸引社会投资参与污染治理。

4.2 流域生态补偿手段

冯东方^[48]认为,在众多的环境经济政策中,能给流域水污染防治带来根本变化的综合性环境经济政策,当属生态补偿政策。流域生态补偿政策是一项环境经济政策和管理制度安排,它以改善或恢复流域生态系统服务功能为目的,以调整相关利益者(保护者、破坏者、受益者、污染者和受害者)因保护或破坏流域生态环境活动的经济利益分配关系为对象,通过经济手段控制流域水环境污染,促进生态保护。美国实施了一个称作“最佳管理实践”(BMP)的减少水污染战略。Centner等^[49]针对最佳管理实践的法律制度和实际应用情况,讨论减少氮肥水平的补偿支付问题,通过模型评估了减少氮肥使用的支付的制度限制,过度使用的惩罚措施和满足最小氮水平的经济激励机制。模拟结果表明,最佳管理实践可以降低农业非点源污染,对氮肥使用者进行经济补偿是较好的措施。笔者认为这本质上就是一种基于水质的生态补偿手段。

我国流域生态补偿研究始于20世纪90年代,主要集中在补偿主客体、补偿措施和标准等方面,其中补偿标准的计算是实施生态补偿机制的关键。曹国华等^[50]的博弈模型、庞爱萍等^[51]的基于水环境容量的流域生态补偿标准确定方法、韩艳莉等^[52]以“3S”技术为支撑、耿涌等^[53]运用水足迹理论和方法、刘强等^[54]运用生态保护成本法和条件价值评估法,都从不同角度讨论了生态补偿的数量和补偿标准的测算方法。很多流域生态补偿研究中忽略水质功效,生态价值计算方法缺少系统性。付意成等^[55]总结出基于水量水质模拟、水生态价值核算的流域生态补偿标准测算框架,并以水量水质功效的不可分割性为基础,得到了永定河跨界断面补偿标准。

此外,有些学者针对补偿资金的来源进行了具体的设计和建议。杨荣芳等^[56]建议赤水河流域采取“异地开发”试点和项目支持等长效补偿机制,生态补偿费应由受益省和三峡工程开发总公司共同出资,通过国家财政转移支付的方式,建立赤水河流域生态补偿基金,在上游省份设立专门账户,将该基金专门用于流域上游生态建设和环境污染综合治理。

对于一些小流域,上游提供的生态系统服务明

确、上下游的受益者相对明确且数量较少,且交易成本相对较低时,可促成双方签署生态服务买卖的协议。签署协议的双方可以是单个或多个社区团体、私人企业、社会团体,也可是地方政府。目前,在赤水河的一个小流域上已经开始示范下游酒厂、上游社区这种民间自行交易的生态系统服务付费机制。

4.3 信息手段

Cao等^[57]分析了不同淡水池塘模式下水环境标准和管理差别,建议使用WebGIS信息系统和技术整合创新手段,建立一个综合的水环境管理系统,以加强预测风险的能力和信息管理,实现池塘水环境的动态监测和改善评估、警告、决策咨询和常规管理,并且提出在解决富营养化、溶解氧含量低、有毒物质超标和鱼类疾病频繁等池塘水环境问题时,要充分考虑市场手段。一些学者认为,水环境质量管理的有效手段就是完善水资源监测和水资源保护的信息管理。姜永生^[58]提出,实现水资源保护的高效管理,追求水资源保护管理的最大效益,是现代水行业管理的重要内容,水资源保护管理信息系统则是实现这种高水平管理的重要工具。他还分析了淮河流域水资源保护管理信息系统对水资源质量状况、水环境变化趋势进行高水平管理的战略方向,进一步研究了淮河流域水资源保护管理信息系统建设的基本思路、总体规划、基本功能和实现方法。

4.4 生态系统手段

国外一些学者试图开发一些能够优化多种生态系统服务产出的低成本手段来促进水资源的管理,提出了“生态系统手段”,“利用天然过程优化不同生态系统服务和受益对象的低投入手段”。它们可以通过减少负面影响和优化生态系统服务收益而促进所有生态系统服务对象的可持续发展,提高经济净收益。复合型人工湿地就是生态系统手段的代表。爱尔兰政府已经发布了复合型人工湿地建设的设计导则^[59]。Anne Valley地区的人工复合型湿地方法则是生态系统手段用于实践的一个典型案例^[60]。Everard等^[61]采用STEEP框架对爱尔兰沃特福德郡的Anne流域的复合型人工湿地的效益进行了评估,通过与农户、政府部门和政策部门、企业、郡议会和其他相关群体的面谈反馈,识别了该复合型资源管理方式的障碍。Philippe等^[62]认为在气候变化和人类活动影响下,为减少重金属污染对水资源、生物多样性、食物链和人体健康的影响,在自然水生生态系统和工业区或流域之间引入人工湿地,是一种有前途的生态修复手段和综合的污染防控手段。

国内有关研究起步较晚,最近几年我国的学者

开始关注人工湿地治污的研究与应用。余志敏等^[63]采了2种复合人工湿地系统处理昆明市城市河流污水,为期1年的运行结果表明:2种复合人工湿地系统对城市河流污水具有良好的污染物去除性能,强降雨会对复合人工湿地出水水质造成一定的影响。何强等^[64]针对中国小城镇的水污染特点,开发了一种复合型人工湿地污水处理技术。吴振斌等^[65]系统介绍了复合垂直流人工湿地工程的应用,对推动我国湿地及其生态功能等方面的研究具有重要的借鉴和示范作用。

5 水资源管理中的公众参与手段创新

国际上很多国家都越来越重视水资源管理中的公众参与。在美国、法国、荷兰等国,社会公众用水户有权参与水资源的开发、利用和管理,并受法律保护。如法国流域管理体制中的水议会制度和三级协商机制,荷兰的水董事会制度,智利、墨西哥、西班牙等国的用水者协会,都是为公众参与水资源管理而建立的相应组织机构^[66]。Leenhardt等^[67]设计了一个协调水资源管理中多方利益的综合评价模型,决策者通过情景分析和相关方的参与模拟和模型预测进行预决策。美国加州的CALFED海湾-三角洲项目是水环境治理领域通过公共参与实行联合管理和适应性管理的一个典型,该项目的重要理念是综合协调、合作解决、公众参与,以及公开透明的决策^[68]。

我国20世纪90年代晚期开始公共部门的市场经济改革,如水服务行业的市场化,水价管理的法律、制度和公共听证等,表明了公众参与程度的加大。Zhong等^[69]分析了水价设定过程公众听证的出现、发展和当前的作用,评价了公众听证作为传统中央决策转向的一个方面,正朝着更加透明、广泛和参与式治理方向发展。杜鹃等^[70]在对国际上公众参与理论及其应用进行分析与总结的基础上,提出,就中国政治体制和现实实践条件而言,均需加强和发挥政府在参与式水管理中的作用,农民参与用水管理的模式已成为公众参与在中国水资源基层管理中最主要的表现形式。农民用水者协会是由政府水务主管部门发起,农民自愿组织起来的自我管理、自我服务的农村农业灌溉或供水组织,其特点是组织结构单一,缺乏必要的非政府组织(NGO)专业人员设计指导^[70]。截至2006年7月,我国已有30个省区市不同程度地开展了用水户参与灌溉管理的改革,组建了以农民用水者协会为主要形式的各种农民用水合作组织2万多个。

整体而言,我国水资源管理中的公众参与还是

相对缺乏的,国家层面也缺少针对公众参与的具体制度保障和体制设计,公众仍然缺乏话语权和决策权。如何对现有的水资源管理体制和机制进行相应的改革,从而更好地保障公众参与,有待学者和管理者进一步研究和探索。

6 水资源管理手段的演化趋势

国内外关于水资源管理手段创新的研究比较多,创新的角度也很丰富,包括从水资源的配置、水污染的防治、提高水资源利用效率等方面,提出的创新手段往往更顺应自然,更注重生态系统的原生态保护,更注重市场、经济手段的应用,更能兼顾经济效率与社会公平。正如国外一些学者所总结的那样,在迈向水资源科学管理的道路上,有以下几个明显的趋势:采用综合性方法,多种政策手段,并更多地运用经济手段;更强调水资源保护;重视基础设施建设的融资问题;重视公众参与及知识和信息共享^[71]。

参考文献:

- [1] 胡庆和,胡军华. 水资源管理模式发展趋势探析[J]. 人民长江,2007,38(1): 66-68. (HU Qinghe, HU Junhua. Trend analysis of water resources management model[J]. Yangtze River,2007,38(1): 66-68. (in Chinese))
- [2] 陈庆秋,陈晓宏. 水资源管理方式的分类及效果比较[J]. 中国给水排水,2004,20(9): 87-89. (CHEN Qingqiu, CHEN Xiaohong. Categorization of water resources management modes and effect comparison[J]. China Water & Wastewater,2004,20(9): 87-89. (in Chinese))
- [3] 缪国斌,蔡勇,樊峻江. 需求管理:缓解水资源稀缺的根本措施[J]. 中国农村水利水电,2004(3): 46-48. (MIAO Guobin, CAI Yong, FAN Junjiang. Demand management: basic solution to water resources scarce mitigation[J]. China Rural Water and Hydropower,2004(3): 46-48. (in Chinese))
- [4] 沈大军. 水管理:理论及手段[J]. 自然资源学报,2005,20(1):20-25. (SHEN Dajun. Water management: theory and method [J]. Journal of Natural Resources,2005,20(1):20-25. (in Chinese))
- [5] Baumann D D, Boland J J, Hanemann W M. Urban water demand management and planning [M]. New York: McGraw Hill Press,1998.
- [6] WESTERHOFF G P, LANE T J. Competitive ways to run water utilities [J]. American Water Works Association Journal,1996,88(4): 96-101.
- [7] WINPENNY J. Managing water as an economic resource [M]. London: Routledge,2005.

- [8] 赵勇,裴源生,王建华. 水资源合理配置研究进展[J]. 水利水电科技进展,2009,29(3):78-84. (ZHAO Yong, PEI Yongsheng, WANG Jianhua. Research progress on sound water resources allocation[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2009,29(3):78-84. (in Chinese))
- [9] 冯夏清,章光新. 基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置初探[J]. 湿地科学,2012,10(4):459-466. (FENG Xiaqing,ZHANG Guangxin. Preliminary study on reasonable water resources allocation for wetlands in watershed based on water cycle simulation[J]. Wetland Science,2012,10(4):459-466. (in Chinese))
- [10] XIA Jun,ZHAI Xiaoyan,ZENG Sidong, et al. Systematic solutions and modeling on eco-water and its allocation applied to urban river restoration: a case study in Beijing, China[J]. Ecohydrology & Hydrobiology,2014,14: 39-54.
- [11] 粟晓玲,康绍忠,石培泽. 干旱区面向生态的水资源合理配置模型与应用[J]. 水利学报,2008,39(9):1111-1117. (SU Xiaoling, KANG Shaozhong, SHI Peize. Reasonable water resources deployment model considering the demand of ecosystem in arid area[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39(9): 1111-1117. (in Chinese))
- [12] SANTOSH M P, MAHESH K J, KHAREA D. Integrated urban water management modelling under climate change scenarios[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2014,83: 176-189.
- [13] WHEELER S, LOCH A, ZUO A, et al. Reviewing the adoption and impact of water markets in the Murray-Darling Basin[J]. Journal of Hydrology, 2014, 518: 28-41.
- [14] 党卫红,杨玉农,王勤. 水权交易和水市场[J]. 水利发展研究,2002,11(2):46-49. (DANG Weihong, YANG Yunong, WANG Qin. Water-rights trade and water market[J]. Water Resources Development Research, 2002, 11(2):46-49. (in Chinese))
- [15] 张仁田. 区域水资源可持续利用研究[D]. 南京:河海大学,2004.
- [16] 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. Lessons learned from international water-rights trading experience[J]. Journal of Agrotechnical Economics,2002(5):56-62. (in Chinese))
- [17] 单以红,唐德善,胡军华. 关于我国水银行制度建设几个问题的思考[J]. 生态经济,2006(9):50-53. (SHAN Yihong,TANG Deshan, HU Junhua. Thinking about water bank system construction in China[J]. Ecological Economy,2006(9):50-53. (in Chinese))
- [18] 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,2007,17(5):153-158. (WANG Yahua. An evaluation on the institutional reforms of water pricing, water right and water market in China[J]. China Population, Resources and Environment,2007, 17(5):153-158. (in Chinese))
- [19] 王瑞萍,李靖. 水权、水价对水资源管理的影响研究[J]. 海河水利,2007(5):63-67. (WANG Ruiping, LI Jing. Research about water-right and water pricing's impact on water resources management[J]. Haihe Water Resources,2007(5):63-67. (in Chinese))
- [20] 励效杰. 中国水管理的市场化模式研究[D]. 南京:河海大学,2007.
- [21] 陈艳俊. 以经济手段加强对水资源管理的方法研究[J]. 吉林农业,2014(4):68-76. (CHEN Yanjun. Water Resources managment solutions research by economic approaches[J]. Jilin Agriculture, 2014(4):68-76. (in Chinese))
- [22] 张士锋,贾绍凤. 北京市水资源安全与工业用水管理方法探讨[J]. 地理科学进展,2002,21(6):625-628. (ZHANG Shifeng, JIA Shaofeng. Water resource security and method research on enactment and management of industrial water use in Beijing[J]. Progress in Geography, 2002,21(6):625-628. (in Chinese))
- [23] ALLAN J A. Overall perspectives on countries and regions [C]//ROGERS P,LYDON P. Water in the Arab world: perspectives and prognoses. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press,1994: 65-100.
- [24] HOEKSTRA A Y. Virtual water: an introduction [C]//HOEKSTRA A Y. Proceeding of the international expert meeting on virtual water trade. Netherlands: IHE Delft, 2003:13-23.
- [25] HOEKSTRA A Y, HUNG P Q. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade[J]. Global Environmental Change,2005(15): 45-56.
- [26] CHAPAGAIN A K,HOEKSTRA A Y,SAVENIJE H H G, et al. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries[J]. Ecologocial Economics,2006,60: 186-203.
- [27] 龙爱华,徐中民,张志强. 虚拟水理论方法与西北4省(区)虚拟水实证研究[J]. 地球科学进展,2004,19(4):577-584. (LONG Aihua, XU Zhongmin, ZHANG Zhiqiang. Theory and method of virtual water: a case study of Northwest China[J]. Advances in Earth Science, 2004,19(4):577-584. (in Chinese))
- [28] 封志明,张蓬涛,宋玉. 粮食安全:西北地区退耕对粮食生产的可能影响[J]. 自然资源学报,2002,17(3):299-306. (FENG Zhiming, ZHANG Pengtao, SONG Yu. Food security: the impact of land conversion from farmland to forest or grassland on grain production in

- Northwest China[J]. *Journal of Natural Resources*,2002, 17(3): 299-306. (in Chinese))
- [29] 周国逸,黄志宏. 中国大陆面向生态的水资源管理与调控战略[J]. *地球科学进展*,2002, 17(3): 435-440. (ZHOU Guoyi, HUANG Zhihong. Strategies of water resources management for ecological targets in China continent[J]. *Advances in Earth Sciences*,2002,17(3): 435-440. (in Chinese))
- [30] WHITE D H, NOEL B B, KINGMA O. Identifying opportunities for achieving water savings throughout the Murray Darling Basin [J]. *Environmental Modelling & Software*,2006,21: 1013-1024.
- [31] 张红丽. 新疆节水生态农业系统理论与制度创新研究[D]. 武汉:华中农业大学,2004.
- [32] 王金霞. 地下水灌溉系统产权制度创新、效率及政策: 河北省小型水利工程的实证研究[D]. 北京:中国农业科学院农业经济研究所,2006.
- [33] DAWADI S, AHMAD S. Evaluating the impact of demand-side management on water resources under changing climatic conditions and increasing population[J]. *Journal of Environmental Management*,2013, 114: 261-275
- [34] 汪恕诚. 资源水利:人与与自然和谐相处[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [35] XIA Daping, GUO Hongyu, HUANG Dan. Discussion on the demand management of water resources[J]. *Procedia Environmental Sciences*,2011,10: 1173-1176.
- [36] 吴娟,唐德善,余琳. 黑河中游合理水价制定方法研究探讨[J]. *中国农村水利水电*,2007(12):112-115. (WU Juan, TANG Deshan, YU Lin. Discussion on the reasonable water pricing in the middle reaches of the Hei River [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2007 (12):112-115. (in Chinese))
- [37] 黄涛珍. 面向可持续发展的水价理论与实践[D]. 南京:河海大学,2005.
- [38] 唐增,徐中民. 水价的经济学分析[J]. *中国农村水利水电*,2009(11):130-134. (TANG Zeng, XU Zhongmin. An economic analysis of water prices[J]. *China Rural Water and Hydropower*,2009(11):130-134. (in Chinese))
- [39] 王思思. 国外城市雨水利用的进展[J]. *城市问题*,2009(10): 79-84. (WANG Sisi. Overseas urban rainwater utilization progress [J]. *Urban Problems*,2009 (10): 79-84. (in Chinese))
- [40] NIAN She. 美国西雅图城市暴雨径流污染综合控制和管理[J]. *给水排水动态*,2009(4):27-31. (NIAN She. Integrated pollution control and management of urban storm-water in Seattle of USA [J]. *Water & Wastewater Information*,2009(4): 27-31. (in Chinese))
- [41] PARIKH P, TAYLOR M A, THERESA H, et al. Application of market mechanisms and incentives to reduce stormwater runoff: an integrated hydrologic, economic and legal approach[J]. *Environmental Science & Policy*,2005 (8): 133-144.
- [42] BARBOSA A E, FERNANDEZ J N, DAVID L M. Key issues for sustainable urban stormwater management [J]. *Water Research*,2012,46: 6787-6798.
- [43] BLACKMAN A. Colombia's discharge fee program: incentives for polluters or regulators? [J]. *Journal of Environmental Management*,2009,90: 101-119.
- [44] MAILLE P, COLLINS A R. An index approach to performance-based payments for water quality[J]. *Journal of Environmental Management*,2012,99: 27-35.
- [45] FAETH P. Fertile ground: nutrient trading's potential to cost-effectively improve water quality [R]. Washington D C:World Resources Institute,2000:1-57.
- [46] MARIOLA M J. Farmers, trust, and the market solution to water pollution: the role of social embeddedness in water quality trading [J]. *Journal of Rural Studies*, 2012, 28: 577-589
- [47] 舒俊杰,柯学莎. 水资源管理经济手段的选择与运用[J]. *人民长江*,2007, 38(11): 105-107. (SHU Junjie, KE Xuesha. Economic tools selection and application in water resources management [J]. *Yangtze River*,2007, 38 (11):105-107. (in Chinese))
- [48] 冯东方. 流域水污染防治若干重大环境经济政策分析[J]. *环境保护*, 2008(5): 17-21. (FENG Dongfang. Critical environmental economic policy analysis in river basin pollution control [J]. *Environmental Protection*,2008 (5):17-21. (in Chinese))
- [49] CENTNER T J, HOUSTO J E, KEELER A G, et al. The adoption of best management practices to reduce agricultural water contamination [J]. *Limnologica*, 1999, 29: 366-373
- [50] 曹国华,蒋丹璐. 流域跨区污染生态补偿机制分析[J]. *生态经济*,2009(11): 160-164. (CAO Guohua, JIANG Danlu. Analysis on ecological compensation mechanism for trans boundary pollution [J]. *Ecological Economy*, 2009 (11):160-164. (in Chinese))
- [51] 庞爱萍,李春晖,刘坤坤,等. 基于水环境容量的漳卫南流域双向生态补偿标准计算[J]. *中国人口·资源与环境*,2010,20(5): 100-103. (PANG Aiping, LI Chunhui, LIU Kunkun, et al. Ecological compensation in the water source areas of Zhangweinan Basin based on water environmental capacity [J]. *China Population, Resources and Environment*,2010,20(5): 100-103. (in Chinese))
- [52] 韩艳莉,陈克龙,朵海瑞,等. 青海湖流域生态补偿标准研究[J]. *生态科学*, 2009, 28(5): 460-464. (HAN Yanli, CHEN Kelong, DUO Hairui, et al. Ecological compensation standard research in Qinghai River Basin [J]. *Ecological Science*, 2009, 28(5): 460-464. (in Chinese))
- [53] 耿涌,戚瑞,张攀. 基于水足迹的流域生态补偿标准模型研究[J]. *中国人口·资源与环境*,2009,19(6): 11-

16. (GENG Tong, QI Rui, ZHANG Pan. A water footprint based model on river basin eco-compensation [J]. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(6): 11-16. (in Chinese))
- [54] 刘强, 彭晓春, 周丽旋, 等. 城市饮用水水源地生态补偿标准测算与资金分配研究: 以广东省东江流域为例 [J]. 生态经济, 2012(1): 33-37. (LIU Qiang, PENG Xiaochun, ZHOU Lixuan, et al. Research on ecological compensation standard and funds allocation in urban water-sourcing area: a case study in Dongjiang River Basin in Guangdong Province [J]. Ecological economy, 2012(1): 33-37. (in Chinese))
- [55] 付意成, 阮本清, 张春玲, 等. 生态补偿机制研究 [J]. 中国农村水利水电, 2009(3): 55-58. (FU Yicheng, RUAN Benqing, ZHANG Chunling, et al. Research on ecological compensation mechanism [J]. China Rural Water and Hydropower, 2009(3): 55-58. (in Chinese))
- [56] 杨荣芳, 赵先进, 曾得峰. 赤水河流域生态补偿机制的建立 [J]. 水利水电快报, 2012, 33(1): 35-38. (YANG Rongfang, ZHAO Xianjin, Zeng Defeng. Ecological compensation mechanism building in Chishui River Basin [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2012, 33(1): 35-38. (in Chinese))
- [57] CAO Shunxian, WANG Guopin, YUAN Jianhua, et al. Studies on WebGIS water environment integrated management system based on different kinds of pond aquaculture models [J]. Ecological Economy, 2013, 10: 147-152.
- [58] 姜永生. 淮河流域水资源保护管理信息系统建设思路及方法 [J]. 水资源保护, 2001(3): 8-12. (JIANG Yongsheng. Train of thought and method for construction of water resources protection management information system for Huaihe River Basin [J]. Water Resources Protection, 2001(3): 8-12. (in Chinese))
- [59] EVERARD M, HARRINGTON R, MCINNES R. Facilitating implementation of landscape-scale water management: the integrated constructed wetland concept [J]. Ecosystem Services, 2012(2): 27-37.
- [60] HARRINGTON R, CARROLL P, COOK S, et al. Integrated constructed wetlands: water management as a land-use issue, implementing the "Ecosystem Approach" [J]. Water Science and Technology, 2011, 63(12): 2929-2937.
- [61] EVERARD M, MCINNES R. Systemic solutions for multi-benefit water and environmental management [J]. Science of the Total Environment, 2013, 461: 170-179.
- [62] PHILIPPE A G, MASOTTI V, HÖHENER P, et al. Constructed wetlands to reduce metal pollution from industrial catchments in aquatic mediterranean ecosystems: a review to overcome obstacles and suggest potential solutions [J]. Environment International, 2014, 64: 1-16.
- [63] 余志敏, 袁晓燕, 崔理华, 等. 复合人工湿地对城市受污染河水的净化效果 [J]. 环境工程学报, 2010, 4(4): 741-745. (YU Zhimin, YUAN Xiaoyan, CUI Lihua, et al. Removal efficiency of integrated constructed wetlands for treating polluted river water [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(4): 741-745. (in Chinese))
- [64] 何强, 万杰, 翟俊, 等. 复合型人工湿地及其在小城镇污水处理中的应用 [J]. 土木建筑与环境工程(中文), 2009, 31(5): 122-126. (HE Qiang, WAN Jie, ZHAI Jun, et al. The compound artificial wetland and its application in treating wastewater in small cities and towns [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering (Chinese), 2009, 31(5): 122-126. (in Chinese))
- [65] 吴振斌, 任明迅, 付贵萍, 等. 垂直流人工湿地水力学特点对污水净化效果的影响 [J]. 环境科学, 2001, 22(5): 45-49. (WU Zhenbin, REN Mingxun, FU Guiping, et al. The influence of hydraulic characteristics on wastewater purifying efficiency in vertical flow constructed wetlands [J]. Environmental Science, 2001, 22(5): 45-49. (in Chinese))
- [66] 李晶, 王新义, 贺骥. 英国和德国水环境治理模式鉴析 [J]. 水利发展研究, 2004(1): 52-54. (LI Jing, WANG Xinyi, HE Ji. Water environment governance model introduction in UK and Germany [J]. Water Resources Development Research, 2004(1): 52-54. (in Chinese))
- [67] LEENHARDT D, THEROND O, CORDIER M, et al. A generic framework for scenario exercises using models applied to water-resource management [J]. Environmental Modelling & Software, 2012, 37: 125-133.
- [68] KALLIS G, KIPARSKY M, NIGGARD R. Collaborative governance and adaptive management: lessons from California's CALFED Water Program [J]. Environmental Science & Policy, 2009, 12: 631-643.
- [69] ZHONG Lijin, ARTHUR P J. Participatory environmental governance in China: public hearings on urban water tariff setting [J]. Journal of Environmental Management, 2008, 88: 899-913.
- [70] 杜鹏, 徐中民. 公众参与理论、方法及其在水资源集成管理研究中的国际进展 [J]. 地球科学进展, 2007, 22(6): 592-597. (DU Peng, XU Zhongmin. Advances in the study of public participation theories, methods and its application in integrated water resource management [J]. Advances in Earth Sciences, 2007, 22(6): 592-597. (in Chinese))
- [71] SERAGELDIN I. Toward sustainable management of water resources [M]. Washington D C: The World Bank, 1995.