

# 地下水生态补偿机制的回顾与探索

何理<sup>1,2</sup>, 赵文仪<sup>1,2</sup>, 侯保俊<sup>3</sup>, 张松涛<sup>3</sup>

(1. 天津大学 水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300350; 2. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300350; 3. 山西省水资源管理中心, 山西 太原 030001)

**摘要:** 我国对地下水的开采和管理缺乏有效的保护机制和保障制度,亟需建立科学完善的理论体系。通过回顾国内外地下水生态补偿的实践,梳理了地下水生态补偿的问题。在充分借鉴地表水生态补偿机制经验的前提下,结合地下水开发利用的特点,完善了地下水生态补偿相关的理论、方法和框架。为寻求地下水资源利用、生态环境保护 and 经济发展之间的平衡提供了科学依据。

**关键词:** 地下水; 生态补偿; 水资源; 补偿机制

中图分类号: TV211.1<sup>+</sup>2; S273.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2020)05-0001-06

## Review and exploration on groundwater eco-compensation mechanism

HE Li<sup>1,2</sup>, ZHAO Wenyi<sup>1,2</sup>, HOU Baojun<sup>3</sup>, ZHANG Songtao<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin 300350, China; 2. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300350, China; 3. Water Resources Management Center of Shanxi Province, Taiyuan 030001, China)

**Abstract:** In face of increasingly serious water crisis, groundwater has been regarded as important resources that can be either individually used or conjunctively used with surface water. Despite some mechanisms and polices on surface waters, little effort has been taken on groundwater. It is necessary to explore eco-compensation related theory, methodologies and framework, not limited to ranges, principles, standards, modes, policies, etc. This paper aims to give an overview on the previous studies on groundwater eco-compensation studies, summarize the major issues that have not yet sufficiently solved, and suggest future research directions. Output from this exploration will provide scientific basis for seeking the tradeoffs among groundwater resources utilization, eco-environmental protection and economic development.

**Key words:** groundwater; eco-compensation; water resource; compensation mechanism

## 1 研究背景

地下水水质好、供水稳定,是维持生产生活正常运行、推动社会发展的重要因素之一。当前地下水资源需求量持续增加,过度开采已造成地面沉降、土壤盐碱化、泉水流量衰退、水体污染<sup>[1]</sup>等众多环境问题。地下水资源的枯竭和污染具有区域性和隐蔽性,前期破坏不易被察觉,后期恢复治理成本高、难度大,严重影响了区域经济与生态协调发展。我国现已采取了一定的地下水保护及污染修复措

施,但短期内难以取得显著效果。因此,为解决资源消费者和保护者的利益冲突,落实地下水资源保护工作,建立一个长期有效的地下水生态补偿机制,对区域的可持续发展具有重大意义。

目前,国家对生态补偿机制的建设高度重视,习近平总书记<sup>[2]</sup>在区域经济发展方面明确提出全面建立生态补偿制度。健全区际利益补偿机制,形成受益者付费、保护者得到合理补偿的良性局面<sup>[1]</sup>。现有的生态补偿机制建设以新安江流域为试点<sup>[3]</sup>,开展了多方、多样化的补偿实践,积累了宝贵经验。

收稿日期:2020-02-05; 修回日期:2020-04-24

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0407201、2017YFC0405900);中国科学院战略性先导科技专项(XDA20040302);国家自然科学基金委创新团队项目(51621092)

作者简介:何理(1976-),男,湖南汨罗人,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为水资源、水环境。

但其焦点多集中于流域(区域)地表水的生态补偿<sup>[4]</sup>,对地下水的研究极少。本文通过回顾国内外地下水生态补偿实例,梳理现有研究成果和存在问题,探讨地下水生态补偿机制,为促进地下水资源的合理开发利用、推动生态环境保护和社会经济协同发展提供思路。

## 2 国内外地下水生态补偿实践

现有生态补偿研究主要集中于生态补偿的理论、机制与政策等方面。补偿理论研究涉及产权理论、生态服务价值理论、可持续理论等,权衡生态效益、社会效益和经济效益,追求区域间合作共赢、绿色发展<sup>[5]</sup>。

### 2.1 国内地下水生态补偿研究与实践

我国生态补偿遵循“开发者保护,受益者补偿”的原则,由各级政府制定流域性、区域性生态补偿政策,协调生态受益区与保护区之间的补偿。2009年,国家环保总局印发了生态补偿指导性文件《关于开展生态补偿试点工作的指导意见》,推动流域生态补偿机制初步建立<sup>[6]</sup>。2019年初,自然资源部、国家发改委等9部门联合印发《建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划》,明确了推进时间表和路线图,全面开展生态补偿工作,落实生态补偿机制构建<sup>[7]</sup>。

迄今为止,国内生态补偿实践已初见成效<sup>[8]</sup>,但补偿对象以地表水居多,地下水生态补偿实践较少,且仅集中新疆、北京、河北、山东等省市。各地初步实践仍局限于地下水治理与修复工作,缺乏成体系的综合管理机制。

新疆玛纳斯河流域因为地下水超采形成两个地下水水位强烈下降带,导致水量严重减少<sup>[9]</sup>。并且绿洲区水资源超负荷利用,造成绿洲与沙漠过渡带土地沙化严重的现象。为此当地政府开征地下水水费,用经济手段限制过度开采地下水。在地下水水位上升导致土壤盐渍化严重的地区,采取退耕还林(草)的措施。在耕地推广竖井排灌技术的地区,通过改进灌溉方式达到降低地下水水位、防治土地盐渍化的目的<sup>[10]</sup>。采取上述治理手段后,若区域落实情况较好且验收合格,政府将发放奖励资金,以充分调动生态补偿的积极性。

地下水是北京供水主力水源,过量开采已经导致地下水水位大幅度下降,形成了中心水位最大降幅超过46 m的大型漏斗,北部地区的地下水漏斗已经连成一体,导致平原地区的水位整体下降。2014

年,在南水北调中线工程通水以后,北京利用调水替代部分地下水进行供水,多个大型水源地减采地下水,使北京地区地下水水位由整体下降转变为部分地区上升<sup>[11]</sup>。南水北调中线一期工程通水后,北京地下水水位实现了首次回升。

羊角铺地下水源地是邯郸市市区四大集中饮用水水源地之一。政府为生态移民和因保护生态环境而受到损失的群体无偿提供技术咨询和帮助,进行科学种植培训,提高农户开展生态农业生产的技术能力,促进当地生态保护与建设。为解决过度开发地下水造成的下沉、塌陷等环境地质问题,政府严格控制地下水开采量,并在重要地段采取回灌、支护等工程措施<sup>[12]</sup>。

山东济南建设济西二期供水工程,铺设输水干管,抽调济西地下水缓解省城供水紧张的问题,减少泉域地下水的开采<sup>[13]</sup>。河北衡水市桃城区将国家专项资金补贴和受益群众的集资作为启动资金,实施了“咸淡混浇”工程<sup>[14]</sup>,减少深层地下淡水的开采量。针对上海市地面下陷问题,当地采取人工回灌技术补给地下水<sup>[15]</sup>,逐步恢复地下含水层。全国农业灌溉区域推广喷灌、滴灌等高效节水灌溉技术,以降低地下水农业灌溉用水量。

我国通过制度保障、财政补贴、技术支持、工程建设等途径,在地下水开采区域制定科学的生态补偿方案,现已积累了丰富的生态治理经验并取得一定补偿成果,为地下水生态补偿机制的构建奠定了基础。

### 2.2 国外地下水生态补偿现状

国外生态补偿研究开始较早,方式更加多元化,引入了市场补偿机制<sup>[16]</sup>,以水权交易、税费、基金的形式多渠道筹集补偿资金,采取水源地保护、建设监测网、限制开采量等措施进行地下水生态补偿。目前,国外对地下水生态补偿的研究和实践多集中于澳大利亚、美国、德国、日本等发达国家。

20世纪90年代初澳大利亚旱季期间,地表径流及水库蓄水难以维持供水,地下水需求量迅速增加<sup>[17]</sup>。由于不合理的开发和利用,在澳大利亚盆地、墨累-达令河流域以及东海岸等地均存在着一定程度的超采。在墨累-达令河流域和纳莫依流域下游冲积层地区,年计划开采量曾超过可持续开采量的1倍以上。针对日益严重的超采问题,澳大利亚联邦政府提出了地下水取用申请许可、地下水水量分配和违反许可处罚等关于地下水的立法内容。同时,为了加强地下水资源开发利用管理,各州政府也

纷纷出台相应法律法规,颁布了一系列综合水法,促进地下水资源合理开发和保护,完善了各州地下水水资源管理体系<sup>[17-18]</sup>。

地下水广泛用于美国生产生活用水,一半以上人口饮水靠地下水供应。然而,随着工农业不断发展,各州地下水资源均受到了一定程度的污染。从1984年开始,美国环保局在地下水报告中陆续提出各州要制定地下水水质标准,确定主要污染源,查明污染状况<sup>[19]</sup>。此后,46个州制定了地下水监测方案,通过监测饮用水质量、非危险和危险废物堆场排放情况和地下水中盐和农药的成分,确定主要污染物和污染程度<sup>[20]</sup>。为进一步解决地下水污染问题,政府还开展了地下水测绘资源评价,制定了地下水监测方案、地下水排放许可方案、制定政策与战略、地下水分类系统、化粪池管理和地下贮罐方案等16种地下水保护行动方案。为了支持各州地下水治理和保护方案,国会根据清洁水法分年度拨款用于地下水保护工程建设。

德国的自来水中有85%来自于地下水,地下水逐渐成为饮用水主要组成部分。为了保护地下水水源,政府颁布了完善的法律法规<sup>[21]</sup>。但是由于高度产业化和生活方式的改变,原法规不能适应时代变化,造成地下水保护工作落实不到位。部分水源区内受到轻度农药污染的水体已经超过50%<sup>[22]</sup>,个别地区农药污染严重。如今,在地下水容易受到污染的重要水源地区,国家已全面禁止使用农药并控制耕地面积。为深入研究地下水污染修复,卡尔士安达郊莱茵河畔试行水源保护计划,引入了计算机模拟地下水流动和物质移动,为规划水源保护区提供监测数。日本年地下水补给量大约在100~600mm,在没有公共供水设施的中小城镇地区,居民用水主要依赖地下水。随着水库大坝的兴建,政府鼓励居民使用地表水,陆续减少了地下水供应。但地表水水质每况愈下,未经处理的地表水渗入地下也造成了污染,其中有机溶剂、农药、硝酸盐、填埋场的渗漏和地下储罐成为地下水的主要污染源。为此,日本政府出台了一系列地下水污染防治方针、规范和标准,全面开展地下水水量调查评估工作,州县设立整治专项资金,形成了较为完善的土壤和地下水污染防治管理体系<sup>[23]</sup>。

地下水污染破坏还会影响到各生态系统,例如森林、草原、湿地等自然生态系统。各国基于原有地下水资源管理与保护工作,为依赖于地下水的自然生态系统制定保护性补偿政策,这对地下水生态补

偿机制的完善有着重大现实意义<sup>[24]</sup>。

### 3 地下水生态补偿问题分析

(1) 现有体系缺乏。现阶段我国地下水生态补偿没有明确的形式,主要是政府通过各职能部门以财政转移支付的方式对地下水进行治理和恢复。通常是各职能部门分别在各自相关领域主导执行,存在部门条块分割、项目多头管理、执行力度缺乏监督和主体责任划分模糊等问题。同时,现有补偿标准以生态破坏的恢复成本为主要参考,对生态系统服务价值评估不完善,造成过度补偿或补偿不足的现象<sup>[25]</sup>。因此,需要建立完善的地下水生态补偿体系,为地下水控制与管理提供参考。

(2) 主客体自我矛盾冲突。地下水通常不存在大规模水量流动,在开采的短时期内仅影响自身区域地下水的水量和水质。因此,地下水开采和使用群体具有补偿主体与客体双重身份并存的特征<sup>[16]</sup>,即一方面通过获得清洁水资源成为受益者,另一方面可能在开采过程中造成生态环境破坏成为受损者。当这种特征引发主、客体自我矛盾冲突时,需要协调区域发展投入与污染治理资金的分配比例,在地下水资源开采与生态环境保护之间做出权衡。

(3) 边界难以界定。地表水与地下水之间存在水量补给,有密切的水力联系。现有补偿边界主要参考地表水,以行政或流域划分作为补偿范围的主要界定方法。但地下水开发多以区域自用为主,且埋藏深度较大,无明显流域边界<sup>[26]</sup>。同时,简单的行政、流域划分与超采区及污染区并不重合,忽视了实际开采和污染的现状,导致补偿责任模糊,难以取得地下水生态补偿的实际效果。应尽快建立一个综合考虑地形地貌特征、开采含水层、水质特征的补偿边界确定方法。

(4) 取证难度大、成本高。地下水空间分布、运动特点和物理化学性质受到所处地质环境的影响<sup>[27]</sup>。尤其在地质特征复杂区域,地下水主流、支流众多且埋藏深度大,造成了地下水超采或污染过程缓慢但隐蔽性极强的现象,难以及时采取有效的治理措施。地下垂直空间地层复杂,使得取证难度大、成本高且存在不确定性,因而难以提供准确、可靠的监测数据,补偿依据较少,不利于生态补偿标准和金额的确定。综合应用遥感、无损探测、大数据等现代化手段将有助于降低取证难度和成本。

### 4 地下水生态补偿机制研究

地下水生态补偿机制在标准、方式、政策等方面

与地表水类似,但两者在补偿主客体、范围、原则等方面具有显著的差异性,地表水与地下水生态补偿特征比较见表1。已有学者在地下水超采区实地考察后,调研了当地农户的补偿意愿及政策落实情况,提出联合利用、合理分配水资源的建议。柳荻等<sup>[28]</sup>运用了双边界二分式意愿调查法对农户休耕补偿的标准进行评价,探究农民受偿意愿的区间及地下水超采区补偿的影响因素,以此提高农户认知水平。谢花林等<sup>[29]</sup>利用机会成本法确定河北省地下水漏斗区的补偿标准并利用 Logistic 模型分析影响休耕意愿的因素,提出了每亩土地最佳补偿标准值作为政府补助参考。吴乐等<sup>[30]</sup>以节水量与补偿金额的比值评估生态补偿政策的实施效率,对比种植结构调整、灌溉节水等政策实施效果,选取最优种植结构,实现资金补贴成果最大化。王咏铃等<sup>[31]</sup>以新疆焉耆县作为研究区域,基于地下水均衡理论,预测区域地下水开采量,合理配置地表水和地下水联合利用方案,科学解决地下水生态环境问题。徐庆勇等<sup>[32]</sup>在地下水饮用水源区通过水质监测数据及标准检验超标污染物,分区计算地下水生态价值,结合人民生活水平进一步完善了生态价值评价模型。

表1 地表水与地下水生态补偿特征比较

生态补偿机制	地表水	地下水
补偿主客体	流域上、下游	开采区域自身
补偿范围	行政区划、流域划分	超采、污染区域
补偿原则	谁受益谁补偿	适度负债,自我补偿
补偿标准	补偿工程成本、生态系统服务价值	
补偿方式	多方补偿、多元补偿、联合补偿	
补偿政策	生态补偿激励政策	

针对地下水生态补偿现有问题,仍然需要深入研究补偿范围、原则、标准、方式和政策等,推动地下水生态补偿机制的建立和实施。

#### 4.1 生态补偿范围

监测地下水埋藏深度,统计并计算其变化率。选定变化率持续下降的区域为超采区,其中地下水开发量接近于可开采量阈值的地区可定为严重超采区<sup>[33]</sup>。结合区域内地下水超采造成的植被衰退、地面沉降、水质恶化等危害,进行补偿等级划分。制定地下水水质监测方案,判断污染类型和程度,基于超采区的划分以及污染范围明确补偿范围。补偿范围内加强地下水的管理,根据超采区和污染区的面积、类型和等级由当地政府牵头建设地下水保护工程,

并予以一定政策上的扶持,必要时可采取限采、禁采、跨区域调水等措施以减少地下水的使用。

#### 4.2 生态补偿原则

考虑到地下水开采区域补偿主客体的双重身份,除了通常遵循的“谁污染谁治理、谁受益谁补偿”原则之外,进一步提出“立足发展、积极自筹、适度负债、自我补偿”的原则。即开采区域政府以绿色经济发展为核心,同时督促企业或个人积极承担环境保护义务,通过税收或保证金等多种形式筹集生态补偿资金。此外,在确保生态环境安全的前提下允许一定程度环境负债,但地下水资源的受益企业要向社会真实公允地反映负债情况,并将其纳入财政核算中。企业和政府通过对自筹资金统筹管理、合理分配,进行自我生态补偿,为本区域地下水保护提供必要的资金支持。

#### 4.3 生态补偿标准

综合生态补偿工程项目的总成本以及开发破坏的生态服务系统价值,完善生态补偿标准的依据。地下水的生态补偿项目总成本定价应该充分考虑地下水水资源消耗者和提供者双方的利益,将整治污染、修建地下水保护工程等方面的投入作为显性投入依据,结合区域经济发展水平,以中央政府为主导,扶持地方政府出资建设。此外,地下水的水质、水量等评价因子应纳入生态系统服务价值的计算中,完善评价体系,将其作为隐性投入。结合区域开采现状和补偿者的经济能力,权衡显性、隐性的投入,构建因地制宜的生态补偿标准。

#### 4.4 生态补偿方式

传统方式以地表水的补偿为主,局限于上、下游跨区域的双向补偿,缺乏对地下水生态补偿的重视。从水量的角度分析,地下水没有大规模的水量流动,主要由开采区域自用,在统计可用水量时应将自用地下水和调用地表水叠加,合理分配补偿比例。从水质的角度分析,地表水和地下水水质评价标准不同,利用监测平台的数据,建立评价二者的综合性水质安全指标,完善现有评价体系。按水质优劣分为多个梯级,针对地表水、地下水每个梯级设置对应的补偿标准<sup>[34]</sup>。联合补偿时,若流域生态补偿的受偿方处于地下水开采区,应将一部分补偿资金投入地下水保护工程的建设之中,以维持地下水良性循环过程。

#### 4.5 生态补偿政策

生态补偿金额确定通常以补偿项目的总成本为依据,缺乏奖惩制度的激励,造成执行的积极性不

高。提出地下水生态补偿的激励政策,对比目标节水量或水质环境标准,将地下水开采限制和污染治理的目标与实际完成情况进行对比,当企业、农户超额完成目标时,在原有的补偿标准上增设激励补偿,提高其水资源保护的积极性。补偿金额在核算超额量的同时,还应充分考虑当地的社会经济水平和气候水文条件,对发展水平较低、气候较为干旱的区域实施政策上的倾斜,加大扶持力度,在提高居民生活水平的基础上,推动生态补偿工作进一步深入,将补偿的效果落到实处,做到惠及企业、惠及人民。

## 5 结论与建议

(1)目前国内地下水生态补偿实践尚未形成有效机制,缺乏规范流程及科学标准。补偿主、客体的双重身份并存,引发了资源开发者及保护者的利益冲突。环境保护与经济发展难以权衡。同时,地下水埋藏深度大,补偿边界模糊,使得监测及管理成本上升,生态补偿标准的确立和实施存在诸多困难。因此,地下水生态补偿研究在充分考虑区域环境现状和经济水平的前提下,应朝着多元化、综合化方向发展。总结地下水生态补偿所存在的问题,提出相应的发展方向及建议,如表2所示。

表2 地下水生态补偿问题及发展方向

问题	发展方向及建议
缺乏完善的体制	构建信息平台,多元补偿机制
自我矛盾冲突	适度环境负债,积极自我补偿
边界难以确定	界定超采区域,划分补偿等级
取证难度大	建设监测工程,完善取证方法

(2)在借鉴地表水生态补偿经验的同时,地下水生态补偿应充分考虑开采及污染过程中区域性、隐蔽性的特征。从区域自身属性出发,综合考虑外部条件,科学划分地下水污染、超采的区域,制定地下水生态补偿资金测算标准。通过建设水资源监测网络,对水质、水量等数据分级处理<sup>[35]</sup>,根据当地水资源的调度情况,设置合理权重,根据地表水和地下水的综合评价指标具体确定资金补偿额度。

(3)在生态补偿过程中,需要严格落实水资源管理工作。明确地下水资源的利益相关者应履行的环保职责,在生态保护和环境治理方面出台严格的管理制度。地下水开发利用具有区域性,监督管理部门应细化到乡镇,在开采区设立监管负责人,成立生态环境保护补偿协调工作小组<sup>[36]</sup>,协调利益冲

突,公布补偿认定,引导补偿方开展地下水保护工程建设。

(4)充分发挥政府的引导作用,实行多方补偿、多元补偿的补偿机制并行<sup>[37]</sup>。建立地下水生态补偿示范区,积极探索水权交易、工程支持、产业转移等多种生态补偿方式和途径,加强生态补偿机制中对生态环境多层次多角度的管理控制。全面考虑水质改善效果、补偿主体的经济能力和补偿的长远效果,使得参与的主体更加紧密地联系合作,实现资源的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 王玲,马东春.政府主导的城市地下水生态补偿机制研究[J].环境保护,2015,43(17):44-47.
- [2] 习近平.推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局[J].当代党员,2020(2):4-5.
- [3] 王雨蓉,陈利根,陈歆,等.制度分析与发展框架下流域生态补偿的应用规则:基于新安江的实践[J].中国人口·资源与环境,2020,30(1):41-48.
- [4] 巨文慧,孙宏亮,赵越,等.我国流域生态补偿发展实践与政策建议[J].环境与发展,2019,31(11):1-2+8.
- [5] 卢志文.省际流域横向生态保护补偿机制研究[J].发展研究,2018(7):73-78.
- [6] 靳乐山.生态保护补偿机制应该怎么“补”?[J].中国报道,2019(6):56-57.
- [7] 国家发展改革委、财政部、水利部等9部门联合印发《建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划》[J].海河水利,2019(1):70.
- [8] WANG Huijie, DONG Zhanfeng, XU Yuan, et al. Eco-compensation for watershed services in China[J]. Water International, 2016. 41(2): 271-289.
- [9] 王芳.新疆地下水利用问题与对策分析[J].能源与节能,2019(2):83-84+106.
- [10] 徐海量,樊自立,禹朴家,等.新疆玛纳斯河流域生态补偿研究[J].干旱区地理,2010,33(5):775-783.
- [11] 王树芳,李捷,刘元章,等.南水北调对北京地下水涵养的影响[J].中国水利,2019(7):26-30.
- [12] 史浙明,黄薇.大量利用地下水的生态补偿机制研究[J].长江科学院院报,2009,26(9):21-24.
- [13] 管清花,李福林,王爱芹,等.济南市岩溶泉域地下水化学特征与水环境演化[J].中国岩溶,2019,38(5):653-662.
- [14] 徐少钧,曹丙超.科学利用微咸水灌溉因地制宜发掘抗旱水源——衡水市重点建设咸淡混浇与管道输水一体化工程[J].中国防汛抗旱,2006(3):42-43.
- [15] 史玉金.上海地区地面沉降新特征及对重大市政设施影响研究[D].上海:上海交通大学,2018.
- [16] 刘思好,倪红珍.地下水保护的生态补偿机制研究进展

- [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2016, 14(5): 367-373.
- [17] 颜勇. 澳大利亚地下水资源管理的法律与政策[J]. 地下水, 2005, 27(2): 75-77+83.
- [18] 蓝楠. 澳大利亚如何管理地下水资源[J]. 政策瞭望, 2016(8): 51-52.
- [19] 刘金淼, 李媛媛, 姜欢欢, 等. 美国地下水污染防治资金运营模式经验及对我国的启示[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(1): 133-138.
- [20] 李璇, 束龙仓. 美国如何控制地下水开发利用[J]. 河北水利, 2016(11): 29.
- [21] 科克·沃尔夫岗, 王海燕, 王清军, 等. 德国城镇水事管理法律的发展——供水保障和污水处理[J]. 环境工程技术学报, 2017, 7(4): 405-417.
- [22] BARATAUD F, AUBRY C, WEZEL A, et al. Management of drinking water catchment areas in cooperation with agriculture and the specific role of organic farming. Experiences from Germany and France [J]. Land Use Policy, 2014, 36: 585-594.
- [23] 井柳新, 刘伟江, 孙宏亮. 日本地下水污染防治经验及其启示[J]. 环境保护科学, 2016, 42(5): 19-21.
- [24] PAN Xingliang, XU Linyu, YANG Zhifeng, et al. Payments for ecosystem services in China: Policy, practice, and progress [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 158: 200-208.
- [25] 吴明红. 中国省域生态补偿标准研究[J]. 学术交流, 2013(12): 122-126.
- [26] 尉意茹, 李治军, 戴长雷, 等. 松嫩平原地下水资源评价区划分析[J]. 节水灌溉, 2019(6): 51-54+66.
- [27] 滕彦国, 左锐, 苏小四, 等. 区域地下水环境风险评价技术方法[J]. 环境科学研究, 2014, 27(12): 1532-1539.
- [28] 柳荻, 胡振通, 靳乐山. 基于农户受偿意愿的地下水超采区休耕补偿标准研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(8): 130-139.
- [29] 谢花林, 程玲娟. 地下水漏斗区农户冬小麦休耕意愿的影响因素及其生态补偿标准研究——以河北衡水为例[J]. 自然资源学报, 2017, 32(12): 2012-2022.
- [30] 吴乐, 孔德帅, 李颖, 等. 地下水超采区农业生态补偿政策节水效果分析[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(3): 38-44.
- [31] 王咏铃, 夏军, 刘兵. 基于水资源合理配置的地下水开发利用研究[J]. 人民黄河, 2017, 39(9): 51-55+59.
- [32] 徐庆勇, 林健, 江岳, 等. “双源”分布区地下水质量及生态价值评估[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(4): 63-70.
- [33] 刘伟. 成安县地下水超采综合治理的生态补偿机制研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2019.
- [34] 葛丽燕. 流域阶梯式生态补偿标准研究及应用[D]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- [35] 王咏铃. 地表水地下水的水质水量联合评价与管理在典型区域的应用研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2018.
- [36] 王震, 杨军耀. 超采区关井压采地下水环境修复评价体系初探[J]. 人民黄河, 2013, 35(9): 82-85.
- [37] 何理, 冯立阳, 赵文仪, 等. 关于我国流域横向生态补偿机制的回顾与探索[J]. 环境保护, 2019, 47(18): 32-38.

## 喜 讯

《水资源与水工程学报》被中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database, 简称 CSCD)收录为 2019-2020 年度来源期刊(核心库); 2008-2020 年连续 13 年被中国科学技术信息研究所评为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。