

DOI:10.3880/j.issn.1003-9511.2019.02.001

# 强度-总量控制下的水资源利用效率对人水和谐的影响

黄德春<sup>1,2,3</sup>,任也平<sup>1,3</sup>,张长征<sup>1,2,3</sup>

(1. 河海大学商学院,江苏 南京 211100;2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心,江苏 南京 211100;  
3. 河海大学产业经济研究所,江苏 南京 211100)

**摘要:**对 2007—2016 年间中国 31 个省(市、自治区)的人水和谐度进行评价,使用 DEA 模型测算全要素水资源利用效率,再利用 Tobit 模型探讨水资源利用效率对人水和谐度的影响关系。实证结果表明:近年来中国的人水和谐程度与水资源利用效率整体呈上升趋势;水资源强度控制和消耗总量控制政策的实施均有效地提高了中国的人水和谐度,而水资源强度和消耗总量双控政策效果更佳;水资源利用效率对东部、中部和西部地区的人水和谐度的推动作用存在差异,据此提出了相应的政策建议。

**关键词:**水资源利用效率;人水和谐;水生态文明;总量控制;强度控制

**中图分类号:**X24;TV213.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-9511(2019)02-0001-07

水资源作为必不可少的基础性资源,在社会经济发展中具有重要的地位,强化水资源利用方式由粗放型向集约型转变是中国生态文明建设的重要内容,而水资源强度控制和消耗总量控制双控政策则是建设生态文明建设的重要举措,也是促进经济绿色发展的需要<sup>[1-2]</sup>。实施生态文明建设,就是要尊重自然、顺应自然、保护自然、合理利用自然。水是生态文明建设的重要物质基础和核心内容,生态文明倡导的不仅是保护生态环境,还包含人与自然的和谐相处,因此,水生态文明的核心是人水关系的和谐<sup>[3]</sup>,促进人水关系的和谐与生态文明建设有着紧密的联系。人水关系的和谐涉及人水系统中的各种复杂关系,包括经济、社会、科教、环境等各个方面,其中影响因素最大的是用水效率<sup>[4]</sup>,这也是近年来中国利用建设节水型社会推进水生态文明建设的原因。2016 年中华人民共和国水利部、国家发展和改革委员会联合发布的《“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案》中明确提出了对万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量和农田灌溉水有效利用系数的双控目标,并将控制水资源消耗的总量和强度作为各级政府推进水生态文明建设的重要

任务<sup>[5]</sup>。

2016 年中国的万元 GDP 用水量为 81.23 万元/m<sup>3</sup>,比 2015 年降低了 7.2%,表明强度-总量双控政策驱动下水资源利用效率的提升,对于促进人水和谐程度有着重要的影响。然而,要达到双控政策中万元 GDP 用水量 2020 年比 2015 降低 25% 的目标(66.43 万元/m<sup>3</sup>)还有一定差距。由于地域资源禀赋和产业结构差异,决定了地区水资源双控政策实施不能搞一刀切,这也决定了人水和谐具有鲜明的地区地理特征和社会特征,因此水资源利用效率提升措施体系也注重资源禀赋和社会经济发展实际,针对各省市水资源利用效率与人水和谐之间的差异关系的探讨,必将为相关决策部门科学制定政策和规划提供依据。

## 1 文献综述

从水资源强度控制和消耗总量控制双控行动的目标可以看出,落实水资源双控政策归根结底要靠水资源利用效率的提升。王兵等<sup>[6]</sup>认为通过节能减排技术与管制可以有效降低能源消耗强度,提高绿色生产率;马海良等<sup>[7]</sup>验证了万元工业增加值用

**基金项目:**江苏高校哲学社会科学优秀创新团队资助项目(2017ZSTD002);国家自然科学基金青年科学基金(71603070);国家自然科学基金重大项目(16ZDA046)

**作者简介:**黄德春(1966—),男,教授,博士,主要从事水资源与风险管理研究。E-mail:huangdechun066@hhu.com

**通信作者:**张长征(1984—),男,副教授,博士,主要从事水金融与风险管理研究。E-mail:zcz@hhu.edu.cn

水量明显降低会提升社会整体水资源使用效率的结论;佟金萍等<sup>[8-10]</sup>分别验证了农业、工业和生活用水效率的提升会有效降低水资源消耗总量和强度的结论。水资源利用效率是制约中国部分地区人水和谐发展的重要因素,在实施水资源强度-总量双控政策的大背景下,各区域仍出现各种程度人水和谐度较低的情况。

国内学者对水资源利用效率的驱动因素进行了大量的探究,认为经济发展水平是影响水资源利用效率最重要的因素<sup>[11]</sup>,究其原因,是由于发达地区的供水、治污等基础设施建设较为完善,致使其水资源消耗的总量或强度较低。马海良等<sup>[12]</sup>通过回归模型分析了城镇化率对用水效率的影响,提出随着节水新技术的应用,水资源利用效率将得到显著改善的结论。孙才志等<sup>[13]</sup>将“四化”作为解释变量构建水资源利用效率的影响因素计量模型,验证了农业现代技术的推广对中国中部地区水资源绿色效率有积极的推动作用。廖虎昌等<sup>[14]</sup>提出新技术利用是制约西部12省水资源利用效率的主导因素,说明西部地区的节水型社会建设仍然是提高水资源利用效率的主要途径。丁绪辉等<sup>[15]</sup>利用Tobit模型,认为水资源利用驱动因素、经济水平、水资源的丰富程度、工农业结构与水资源利用效率均呈现负相关,得出应大力发展节水技术,推动水资源治理的结论。陈雷等<sup>[5,16]</sup>认为实施水资源消耗总量和强度的控制措施提升水资源利用效率,是根据中国水资源现状提出的根本要求和首要措施。以上研究结论总结认为,进行水资源消耗总量和强度控制有利于各地区水资源利用效率的提高。

大力提升水的生产效率是推进人水和谐的重要途径<sup>[17]</sup>,刘芳等<sup>[18]</sup>用因子分析法从23项指标中,验证了用水效率是影响人水和谐程度的最关键要素,但仅从水资源利用效率来形容人水和谐度是不全面的。人作为生态系统的核心要素,人水关系作为水生态文明建设的核心部分,是一个复杂而全面的系统。国内外学者对人水和谐进行了大量的研究。Falkenmark<sup>[19]</sup>基于水和生态系统之间的联系,描述了人-水一体化水资源管理的理论框架;Lautze等<sup>[20]</sup>指出由于人口增加、人类活动加剧,导致人水关系紧张,需要通过宏观调控才能保持人与自然的和谐相处。

国内学者在人水和谐的量化研究上颇有成效,由左其亭等<sup>[21]</sup>提出的以健康、发展、和谐三大量化准则形成的人水和谐量化研究框架奠定了人水和谐量化研究的基础,之后不同学者在此基础上进行了不同领域的探索。戴会超等<sup>[22]</sup>联合运用模糊综合

评价、灰色关联分析和网络层次分析等方法,从水资源、社会、经济、科教系统构建了城市人水和谐度计算模型;康艳等<sup>[23]</sup>以人水复合系统综合发展水平和协调度为基础综合评估人水和谐度。每位学者均是针对水生态文明的内涵,运用不同的方法,构建了相应的人水和谐评价指标体系<sup>[24-25]</sup>,而在各实证结果中均显示,地区的水资源利用效率偏低将直接导致整体人水和谐度的偏低,因此,节约水资源、提高水资源利用效率是提升人水和谐度、推进水生态文明建设的重要措施<sup>[26]</sup>。

综上,水资源利用效率是制约中国部分地区人水和谐发展的重要因素,在强度-总量双控政策实行的的大背景下,各区域仍出现各种程度的人水和谐程度较低的情况。现有研究对水资源利用效率测度及其驱动因素进行较多的探讨,直接探究水资源利用效率与各地人水和谐程度的文献较为稀缺,且未有文献从水资源消耗总量和强度控制的角度来探究。为此,本文从水生态文明的内涵角度出发,利用改进的模糊综合评价法,从水资源系统、社会系统、经济系统、科教系统等多角度系统量化研究水生态文明的建设情况,并运用DEA模型测算考虑非合意产出的全要素水资源利用效率,深入探讨强度和总量两个控制政策实施期间内东、中、西部水资源利用效率对人水和谐程度影响的差异性,以期通过双控手段更有效地提升水资源利用效率,进而推动人水和谐和水生态文明建设。

## 2 变量选择与模型设计

### 2.1 强量-总量控制下的水资源利用效率测度方法

研究水资源利用效率的测度方法主要有指标体系评估法、随机前沿分析法(SFA)、数据包络分析法(DEA)和超效率模型(SBM)等<sup>[27]</sup>。大部分学者选用基于投入导向的DEA模型,以水资源、资本和劳动力为投入,GDP为产出,测度各省水资源利用效率<sup>[28]</sup>,Fare等<sup>[29-30]</sup>在该模型中,加入废水、污水排放量等非合意产出,得到考虑非合意产出的水资源利用效率,更贴合实际水平。为了保持决策单元的输入或输出不变,投入要素采用规模报酬不变的假设,故选择投入法的DEA模型。在实际生产过程中,水资源的实际投入一定是大于或者等于目标投入的,这是由于技术无效率导致损失和要素配置不当产生投入松弛造成的。因此,全要素水资源利用效率的取值范围为0~1。全要素水资源利用效率定义为

$$E_{it} = \frac{P_{M_{it}}}{P_{A_{it}}} = \frac{P_{A_{it}} - P_{L_{it}}}{P_{A_{it}}} = 1 - \frac{P_{L_{it}}}{P_{A_{it}}} \quad (1)$$

表1 人水和谐评价指标体系

目标层 A	准则层 B	领域层 C	指标层 D
人水和谐	区域人水系统发展 B <sub>1</sub>	水资源系统 C <sub>11</sub>	单位面积水资源量 D <sub>1</sub>
		经济系统 C <sub>12</sub>	人均 GDP D <sub>2</sub>
		社会系统 C <sub>13</sub>	人口密度 D <sub>3</sub>
		环境系统 C <sub>14</sub>	城市绿地覆盖率 D <sub>4</sub>
	区域人水系统协调 B <sub>2</sub>	水-经济系统 C <sub>21</sub>	万元 GDP 用水量 D <sub>5</sub> 单位工业增加值用水量 D <sub>6</sub>
		水-社会系统 C <sub>22</sub>	人均水资源量 D <sub>7</sub> 城市用水普及率 D <sub>8</sub>
		水-环境系统 C <sub>23</sub>	生态环境用水率 D <sub>9</sub> 污水处理率 D <sub>10</sub>
			水-科教系统 C <sub>24</sub>
		综合协调 C <sub>25</sub>	水利管理业固定资产投资量 D <sub>12</sub>

式中： $E_{it}$  为第  $i$  个省第  $t$  年的水资源利用效率； $P_{M_{it}}$  为目标水资源投入，是实现一定产出所需要的最少水资源投入数量； $P_{A_{it}}$  为实际水资源投入数量； $P_{L_{it}}$  为损耗的水资源投入。

选择劳动力、资本与水资源（用水总量）作为投入指标，选择实际 GDP 与废水排放总量分别作为合意产出与非合意产出。基于数据的可得性，具体投入产出数据说明如下（数据均来源于《中国统计年鉴（2007—2016）》）。

a. 合意产出指标。GDP 产出数据。水资源投入带来的最显著的产出就是经济效益，故选取各省市的 GDP 作为合意产出指标。

b. 非合意产出指标。废水排放量。资源的投入不仅会带来经济效益，也会带来环境污染，如工业污水、生活污水等，这些就是非合意产出，会造成一定的生态破坏，选取废水排放量作为非合意产出指标。

c. 水资源投入指标。采用各省的水资源消耗总量作为水资源投入，包括工业用水、农业用水、生态用水和生活用水总量。

d. 劳动力投入指标。劳动力是生产生活中不可或缺的生产要素，采用各省水利、环境和公共设施管理业城镇单位就业人员数量来反应劳动力投入。

e. 资本投入指标。资本的投入对基础设施建设、保护生态等方面起着重要的作用，故选取水利、环境和公共设施管理业固定资产投资量作为资本投入指标。

## 2.2 人水和谐的界定与测度方法

### 2.2.1 人水和谐界定

人水和谐是指在人类社会-水资源复合系统中，人类活动不会因水而产生对人健康的损害和对社会可持续发展的威胁，是一种二者处于协调的、一致的、平衡的稳定发展状态。人水和谐的本质是人文系统和水系统之间相互作用机制的一种关系，主要包含水-经济系统、水-社会系统、水-环境系统、水-科教系统的协调情况，使有限的水资源能够更好地支撑经济、社会的可持续发展。

基于构建评价指标体系时应遵守科学性与可操作性、系统性与完整性、独立性与完备性 3 个原则，结合发展、协调的人水和谐配置要素，并参考既有文献指标体系构建的一般原则，采用的指标筛选方法为频度分析法，在专家咨询的基础上对指标进行筛选和分类，最终制定了人水和谐评价指标体系，见表 1。

### 2.2.2 人水和谐测度方法

人水和谐度是度量一个省份人水之间和谐程度及水平的数量指标，能够衡量一定时期社会经济发展与水资源系统之间的协调平衡关系。将人水和谐度分为人水系统发展度和协调度来测算，参考文献 [23] 的方法，构建人水和谐度测度方法：

$$H_{di} = \sqrt{D_{di} C_{di}} = \sqrt{(D_{di})_{m \times 1} \cdot (C_{di})_{m \times 1}} = (H_{di})_{m \times 1} \quad (2)$$

式中： $H_{di}$  为第  $i$  年人水和谐度； $D_{di}$  为人水系统发展度，度量各省人水系统发展水平； $C_{di}$  为人水系统协调度，度量各省人水系统协调程度。

约束条件为： $0 < H_{di} < 1, 0 < D_{di} < 1, 0 < C_{di} < 1$ 。

人水系统发展度、人水系统协调度的度量使用基于改进的模糊综合评价法，模型为

$$D_d = (d_{ij})_{m \times n} \cdot \omega^T = (D_{di})_{m \times 1} \quad (3)$$

其中  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$

$$D = (d_{ij})_{m \times n}$$

$$d_{ij} = \alpha r_{ij} + \beta c_{ij}$$

式中： $\omega$  为各指标的权向量系数评价系数矩阵； $D$  为评价系数矩阵； $\alpha, \beta$  为集成系数，且满足  $0 \leq \alpha, \beta \leq 1, \alpha + \beta = 1$ ； $r_{ij}, c_{ij}$  分别为指标标准化数值以及评级指标差异系数。

### 2.3 水资源利用效率对人水和谐影响的 Tobit 回归模型

从人水和谐度的测算结果来看，其值介于 0~1 之间，回归方程中的被解释变量就被限定在这个区间内，属于截尾数据，使用普通最小二乘回归会产生不一致的参数估计值，因此，研究人水和谐度影响因素问题适用于 Tobit 模型。以人水和谐度作为受限因变量，自变量为水资源使用效率，由于人水和谐度不仅受水资源利用效率的影响，还受到其他因素的影响，所以增加了单位面积水资源量、人口密度、城市绿地覆盖面积 3 个控制变量，以增加模型的拟合

优越。具体 Tobit 模型如下：

$$H_{it} = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 E_{it} + \beta_2 Q_{it} + \beta_3 M_{it} + \beta_4 G_{it} + \varepsilon, & 0 < M_{it} < 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中： $Q_{it}$ 为单位面积水资源量； $M_{it}$ 为人口密度； $G_{it}$ 为城市绿地覆盖面积； $\beta_0$ 为常数项； $\beta_j (j=1, 2, 3)$ 为待估计参数； $\varepsilon$ 为随机误差项。

## 2.4 数据来源

由于《中国统计年鉴》中各省(市、自治区)水利、环境和公共设施管理业城镇单位就业人员数量从2008年开始统计,且2017年与2018年的水资源公报未出,故选取的研究时段为2008—2016年,其他数据来源于《中国统计年鉴》、各省水资源公报、《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》各省市统计年鉴等。

根据经济发展水平,将31个省(市、自治区)划分为东、中、西部,东部(11个)地区为北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广州和海南,中部(9个)地区为山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南,西部(11个)地区为四川、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西。

## 3 实证结果和分析

### 3.1 水资源利用效率的 DEA 模型评价结果分析

根据图1可知,全国水资源利用效率的平均值在2008—2016年间呈现为在曲折中上升的趋势,部分年份有小幅降低。全国平均值在2013年有一

个较大幅度的上升,并维持在一定的高度,整体可视作两个阶段,前一阶段水资源利用效率维持在0.8左右,第二阶段接近0.9,时间与水资源强度控制和水资源总量控制的时间段相吻合,说明该政策在维持经济发展的同时有效地提升了水资源利用效率。其中2011—2012年、2014—2016年间水资源利用效率略有下降,虽然不能准确判断原因,但是这必定意味着某种配置的失效,表明水资源利用效率仍有提升的空间。

从不同地区来看,东部地区的水资源利用效率从2008年起就一直领先于中西部地区,近年来随着节水政策的落实和经济的发展,中西部地区的水资源利用效率也逐年提升,与东部地区差距逐渐缩小。

a. 东部地区的水资源利用效率在近9年间变化不明显,整体水平较高,接近DEA完全有效,反映出东部地区的节水意识、技术进步率一直处于领先水平,水资源利用效率可提升空间不大。

b. 中部地区在2010年之前的水资源利用效率平均值一直低于西部地区,在2011年、2013年分别有了两次大幅上升,两次提升都与国家的相关政策颁布有关,2010年提出将“提高生态文明水平”作为“十二五”时期的重要战略任务,2012年提出实行水资源的总量控制,为各省划定了红线指标,对该地区水资源利用效率的提升均起到了促进效果。

c. 西部地区的水资源利用效率在研究期间呈现稳步提升的趋势。自实施西部大开发以来,西部地区开始退耕还林,对产业的选择优先考虑保护生

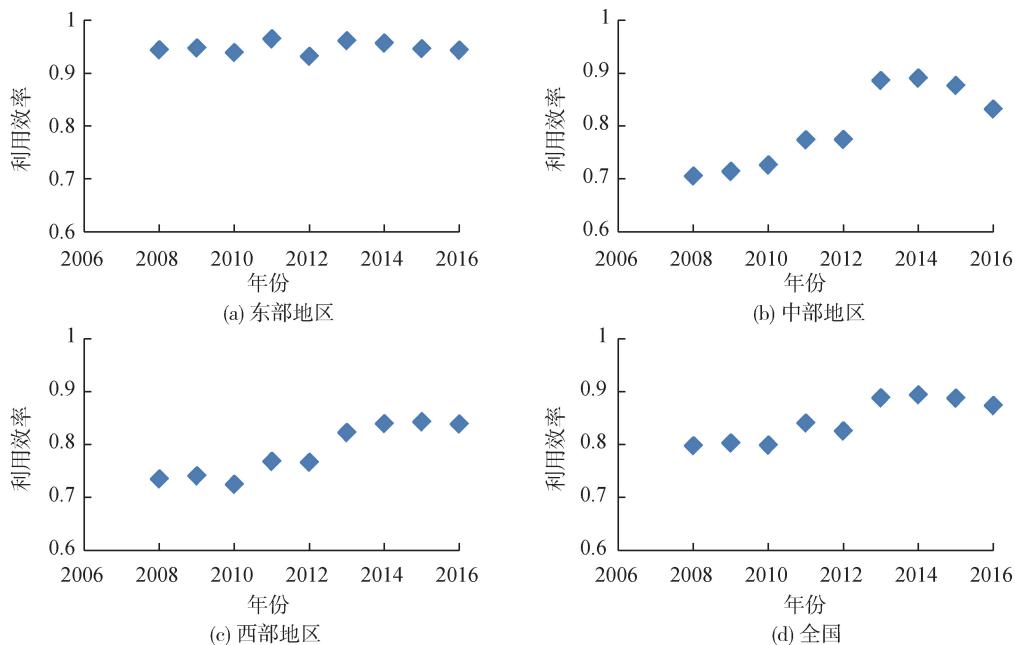


图1 2008—2016年水资源利用效率评价散点

态等多项措施;同时,西部地区作为我国的生态屏障,在发展生态文明建设的过程中得到了财政资金和优势资源的倾斜,使该地区在发展经济的同时,提高了节水技术,优化了用水方式。

### 3.2 人水和谐程度评价分析

根据建立的评价指标体系,利用层次分析法计算各指标权重,测算出2007—2016年间各省市的人水和谐度,东、中、西部地区的平均值与全国人水和谐度测算结果如图2所示。

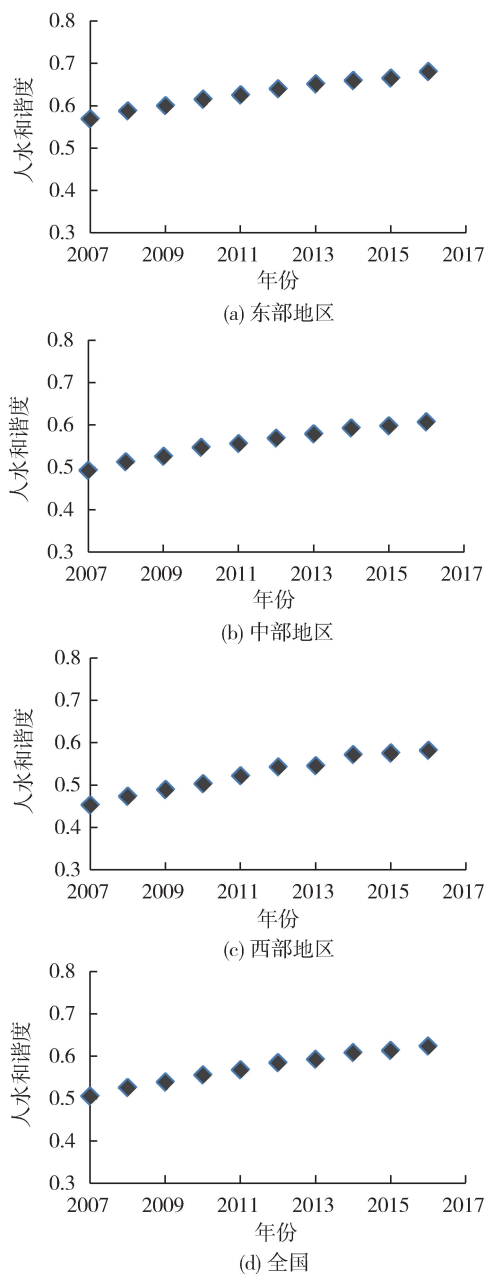


图2 2007—2016年人水和谐度散点图

分析图2可以看出,人水和谐度总体上呈现上升的趋势,从0.53升至0.64左右,建设水平处于不断提高的阶段,这与国家提出进行水生态文明建设发展要求以及各级政府积极响应颁布实施一系列治

理措施有关。

从单个省市来看,东、中、西部地域间的差距依然较大,东部从2007年的0.569上升到2016年的0.680,中部从2007年的0.493上升到2016年的0.607,西部从2007年的0.453上升到2016年的0.582,东部地区水生态文明建设程度的平均值一直领先于中部,中部高于西部,这与中国的水资源禀赋和经济发展程度有关。

a. 东部地区人水和谐度整体上是逐年上升的趋势,东部的京津冀地区虽然位于水资源紧张地区,但是平均值却是东西部地区最高的,其原因可能与其经济发展水平有关,水资源利用效率较高,技术先进,人们的节水意识强烈等,整体情况高于全国平均水平。

b. 中部地区人水和谐度缓步上升。中部地区的内蒙古作为中国北方重要生态安全屏障,其生态治理近年来受到了高度重视,“三北”防护林建设、京津风沙源治理、退耕还林、天然林保护等国家重点工程先后在内蒙强力推进,取得了一定的成效。整体上中部地区建设程度一般。

c. 西部地区在此期间人水和谐度大多增幅不大,整体维持在一个较低的水平。由于西部地区经常大范围发生干旱灾害,其中云南大部、甘肃、贵州西部、广西西北部等地的旱情较为严重,不仅对生态系统造成破坏,也对当地经济发展造成阻碍,整体上西部的建设程度较差。

### 3.3 水资源利用效率对人水和谐影响的Tobit回归分析

因为变量之间数据差异较大,为了降低数据异方差的影响,保持平稳性,对变量采取了取对数的方法处理,表2为各变量的描述性统计。

表2 回归变量的描述统计

变量	观测数	平均数	标准差	最小值	最大值
人水和谐程度	279	0.579	0.065	0.408	0.765
水资源使用效率	279	0.845	0.168	0.397	1.000
单位面积水资源量	279	44.062	38.538	1.265	170.081
人口密度	279	434.517	652.566	2.336	3826.498
城市绿地覆盖面积	279	37.915	4.503	18.060	49.100

研究拟采用面板模型进行回归分析,对固定效应与随机效应模型进行Hausman检验得知,P值小于0.05,从而拒绝了随机效应模型中随机效应与残差相关的假设,拒绝建立模型的假设,因此研究采用面板Tobit固定效应模型。

#### 3.3.1 单一控制下的回归检验分析

借助Stata14软件进行回归分析,得到2008—2016年间水资源利用效率对人水和谐度的整体影

响,以及分别实施水资源强度控制期间(2008—2012年)和水资源总量控制期间(2012—2016年)的影响结果,其中由于2012年处于过渡年份,故两个期间均采用该年数据,回归结果如表3所示。

由回归结果得出以下结论:

a. 针对整个研究时期而言,水资源利用效率、城市绿地覆盖面积的增加都对水生态文明建设有正向促进作用,影响人水和谐程度的最大因素是城市绿地覆盖面积,城市绿地覆盖面积每增长1%,人水和谐度将提升0.637%。水资源利用效率对人水和谐度的贡献次之,这可能是因为水资源利用效率的提升必定会促进节水,提高人水和谐度,但是另一方面经济的增长带来的用水需求的增加必不可少,水资源在消耗的同时带来了经济效益。因此,制定适度的提升水资源利用效率目标,对中国的水生态文明建设尤为重要。

b. 从水资源强度控制与消耗总量控制两阶段比较分析来看,两时期水资源利用效率对人水和谐度的影响系数分别为0.107和0.158,均显著。因此,在水资源消耗总量控制阶段其利用效率对人水和谐度的促进效果优于水资源强度控制阶段,从本质上来说,水资源强度控制和消耗总量控制政策的手段虽不同但目的一致,都是为了建设节水型社会,提高用水效率。相比于整个研究期间,水资源强度—总量双控政策的促进作用大于每个单一控制阶段。

总体而言,在水资源强度控制阶段,城市绿地覆盖面积是影响人水和谐度的最大的因素,但是在水资源消耗总量控制阶段该系数降低,水资源利用效率系数上升,表明水资源利用效率对人水和谐度的影响程度增加,将对人水和谐产生更强的推动作用。

### 3.3.2 地区比较的回归检验分析

2008—2016年间水资源利用效率对人水和谐度的整体影响,以及对东部、中部、西部地区的具体影响回归结果如表4所示。

从地区比较来看,中西部的水资源利用效率对人水和谐度的作用比东部地区更具有显著性。一方面,揭示出东部地区人水和谐度的提升无法像中西部地区一样依靠水资源利用效率的提升。究其原因,可能是因为东部地区的水资源利用效率相对于中国的经济水平而言,已经达到了一定的高度,对人水和谐度促进的边际效益已经很小,而中西部地区的提升空间还很大。由于中西部地区经营水平相对落后,缺乏丰富的管理经验,致使节水技术的成果推广相对困难。并且,中西部地区在水资源消耗总量控制阶段的水资源利用效率系数均大于强度控制阶段,消耗总量控制政策的颁布大大促进了中西部地区提升水资源利用效率对人水和谐度的效果。另一方面,根据实证结果,东部地区人水和谐度的提升主要依靠城市绿地覆盖面积的扩大,城市绿地覆盖面积系数通过了1%的显著性检验。同时,东部地区呈现出水资源消耗总量控制阶段其影响系数大于强

表3 不同控制下的Tobit模型参数估计

变量	2008—2016年		强度控制期间		总量控制期间	
	参数	P值	参数	P值	参数	P值
水资源使用效率	0.184***	0.000	0.107***	0.000	0.158***	0.000
单位面积水资源量	0.024**	0.002	0.029**	0.003	0.022**	
人口密度	0.001	0.895	0.006	0.074	-0.004	0.062
城市绿地覆盖面积	0.637***	0.000	0.702***	0.000	0.444***	0.000
常数项	-2.90***	0.000	-3.161***	0.000	-2.201***	0.000

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示通过1%、5%、10%水平的显著性检验。

表4 不同地区间的Tobit模型参数估计

变量	东部地区				中部地区				西部地区			
	强度控制期间		总量控制期间		强度控制期间		总量控制期间		强度控制期间		总量控制期间	
	参数	P值	参数	P值	参数	P值	参数	P值	参数	P值	参数	P值
水资源使用效率	0.058	0.441	0.111	0.353	0.163***	0.000	0.192***	0.000	0.066***	0.000	0.167***	0.000
单位面积水资源量	0.040***	0.003	0.026**	0.000	0.025**	0.003	0.027	0.067	0.017	0.134	-0.002	0.212
人口密度	0.032	0.056	0.017	0.088	-0.075***	0.000	-0.060***	0.000	-0.014	0.000	-0.001	0.000
城市绿地覆盖面积	0.583***	0.000	0.700***	0.000	0.799***	0.000	0.457***	0.000	0.667***	0.000	0.420***	0.000
常数项	-2.990***	0.000	-3.221***	0.000	-3.136***	0.000	-1.956***	0.000	-3.009***	0.000	-2.043***	0.000

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示通过1%、5%、10%水平的显著性检验。

度控制阶段,说明在现阶段,增加城市绿地覆盖面积是促进人水和谐度最重要的指标之一,且发挥的作用越来越重要。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

随着我国生态容量危机和公众绿色关注点的提升,人水和谐理念越发深入人心,并成为我国生态文明建设的重要目标之一。水资源利用效率决定了人水和谐的特征,国家先后出台了水资源强度控制政策和消耗总量控制政策,然而单一的控制手段无法从根本上提升我国水资源利用效率,并规避人水和谐矛盾事件的相继发生。新时期下,水资源强度-总量双控行动成为人水和谐目标实现的强有力工具,其落脚点是从强度和总量二维视角来规范水资源使用,必然会对水资源利用效率产生影响,进而影响人水和谐度。本文从水资源强度-总量的双控背景出发,界定人水和谐内涵,构建强度-总量双控政策下的人水和谐测度模型,以强度-总量双控政策下水资源利用效率为切入点,研究水资源利用效率对人水和谐的作用,目标是沿着水资源利用效率这一路径,探索人水和谐目标实现的策略。

a. 在2008—2016年间中国的水资源利用效率和人水和谐度呈现整体上升的趋势。其中东部地区的水资源利用效率一直维持在相对稳定的高度,中部和西部地区的水资源利用效率以及人水和谐情况呈现出稳步上升的趋势。中国的东部、中部、西部地区的人水和谐程度存在着显著的差异,东部优于中部优于西部,这与中西部地区的节水技术落后、经济结构等各方面有关。

b. 水资源强度和消耗总量单一控制政策的实施,有效提升了中国的人水和谐程度。消耗总量控制比强度控制的促进作用更大,但消耗总量控制期间可能无法剔除前期强度控制的影响作用。无论是消耗总量控制还是强度控制,其根本目的均为增加水资源的利用效率。实施水资源强度-总量的双控政策将更有利于中国各区域的人水和谐,有助于生态文明的建设。

c. 在实现人水和谐的过程中,提升水资源利用效率的重要性逐渐增强。中部和西部地区的人水和谐建设越来越依靠提高水资源利用效率来实现,可以通过政策引导以及技术支持等手段推进。东部地区由于其经济水平已发展到一定高度,水资源利用效率使用水总量已得到整体的控制,提升人水和谐度的主要途径为增加城市绿地覆盖面积。

### 4.2 建议

由于各地区经济发展水平、水资源总量和技术进步水平等因素有所差异,水资源利用效率的提升对于人水和谐度的促进作用不同,效果也不同。因此,为了更加合理地推进我国人水和谐程度和水生态文明建设,做到既要绿水青山也要金山银山,提出以下建议。

a. 水生态文明建设要因地制宜。充分认识地区的差异性,切忌一刀切,综合考虑各省市的经济水平、水资源禀赋等,制定合理的双控行动指标目标。重视水资源利用效率对中西部地区生态文明建设的促进作用,缩小地区间经济发展的差距,在促进水资源利用效率改善的基础上实现各地区生态文明的协调发展。

b. 政策的制定对人水和谐的实现有重要影响。强度-总量双控政策有效地提升了各地区的人水和谐程度,故国家的相关政策在水生态文明建设中起着重要的作用,在制定政策的同时要细化政策,将如何提升水资源利用效率,以及水资源利用效率如何纳入人水和谐的建设中等问题细化到各项政策中,如合同节水,水权交易市场化等。

c. 将人水和谐纳入生态文明建设的考核体系中。如何将生态文明建设政策进行落脚考核是一项重要的任务,人水和谐是水生态文明建设的核心和追求目标。建议将人水和谐设立为实现生态文明建设的一个考核指标,或者从人水和谐的视角增加相应的考核指标。同时,各级政府的工作也应重视水资源系统和经济、社会、环境等系统的和谐程度。

### 参考文献:

- [1] 王冠军. 实行消耗总量和强度双控 确保水资源节约高效利用[J]. 中国水利, 2016(13): 3.
- [2] 王慧敏, 陈蓉, 许叶军, 等. 最严格水资源管理过程中政府职能转变的困境及途径研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2015, 17(4): 64-68.
- [3] 左其亭. 水生态文明建设几个关键问题探讨[J]. 中国水利, 2013(4): 1-3.
- [4] 左其亭, 李可任. 最严格水资源管理制度理论体系探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(1): 34-38.
- [5] 陈雷. 全面实施水资源消耗总量和强度双控行动 着力保障经济社会持续健康发展[J]. 中国水利, 2016(23): 21-24.
- [6] 王兵, 刘光天. 节能减排与中国绿色经济增长: 基于全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2015(5): 57-69.
- [7] 马海良, 徐佳, 王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 334-341.

(下转第12页)

## 参考文献:

- [1] 林洪孝. 水资源管理与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [2] 许继军. 水资源精细化管理的保障体系与支撑技术初探[J]. 人民长江, 2011, 42(18): 107-110.
- [3] 孙念怀. 精细化管理[M]. 北京: 新华出版社, 2005.
- [4] 周守华, 陶春华. 环境会计: 理论综述与启示[J]. 会计研究, 2012(2): 3-10.
- [5] 罗素清. 环境会计研究[M]. 上海: 上海三联书店, 2012.
- [6] 贾洪彬. 自然资源会计文献综述[J]. 合作经济与科技, 2014(4): 96-97.
- [7] 沈振宇, 王秀芹, 刘青. 自然资源会计[J]. 财经问题研究, 2000(5): 70-75.
- [8] 贾玲, 甘泓, 汪林, 等. 论水资源资产负债表的核算思路[J]. 水利学报, 2017, 48(11): 1324-1333.
- [9] 陈波, 杨世忠. 会计理论和制度在自然资源管理中的系统应用: 澳大利亚水会计准则研究及其对我国的启示[J]. 会计研究, 2015(2): 13-19.
- [10] 刘汗, 张岚. 澳大利亚水资源会计核算的经验及启示[J]. 水利发展研究, 2015(5): 70-74.
- [11] 周普, 贾玲, 甘泓. 水权益实体实物型水资源会计核算框架研究[J]. 会计研究, 2017(5): 24-31.
- [12] 贾玲, 甘泓, 汪林, 等. 水资源负债争议[J]. 自然资源学报, 2017, 32(1): 1-11.
- [13] 唐勇军, 李鹏, 马文超. 水资源资产负债表编制研究: 基于领导干部离任审计视角[J]. 水利经济, 2018, 36(5): 13-20.
- (收稿日期: 2018-11-20 编辑: 陈玉国)
- 
- (上接第7页)
- [8] 佟金萍, 马剑锋, 王慧敏, 等. 农业用水效率与技术进步: 基于中国农业面板数据的实证研究[J]. 资源科学, 2014, 36(9): 1765-1772.
- [9] 李静, 马潇臻. 资源与环境双重约束下的工业用水效率: 基于SBM-Undesirable和Meta-frontier模型的实证研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 920-933.
- [10] 范群芳, 董增川, 杜芙蓉. 农业用水和生活用水效率研究与探讨[J]. 水利学报, 2007(增刊1): 465-469.
- [11] 李世祥, 成金华, 吴巧生. 中国水资源利用效率区域差异分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 215-220.
- [12] 马海良, 徐佳, 王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 334-341.
- [13] 孙才志, 郗晓雯, 赵良仕. “四化”对中国水资源绿色效率的驱动效应研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2018, 18(1): 57-67.
- [14] 廖虎昌, 董毅明. 基于DEA和Malmquist指数的西部12省水资源利用效率研究[J]. 资源科学, 2011, 33(2): 273-279.
- [15] 丁绪辉, 贺菊花, 王柳元. 考虑非合意产出的省际水资源利用效率及驱动因素研究: 基于SE-SBM与Tobit模型的考察[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(1): 157-164.
- [16] 石晓晓, 秦长海, 汪妮, 等. 海南省用水效率测算及可达性分析[J]. 水利经济, 2018, 36(6): 26-30.
- [17] CHEN W, ZHOU Z X, HE J R, et al. Effect of typhoon with extreme precipitation on mountain reservoir drinking water treatment: a case study in Ningbo, China[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2017, 15(2): 103-108.
- [18] 刘芳, 苗旺. 水生态文明建设系统要素的体系模型构建研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(5): 117-122.
- [19] FALKENMARK M. Water management and ecosystems: living with change[R]. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 2003.
- [20] LAUTZE J, REEVES M, VEGA R, et al. Water allocation, climate change, and sustainable peace: the Israeli proposal[J]. Water International, 2005, 30(2): 197-209.
- [21] 左其亭, 张云, 林平. 人水和谐评价指标及量化方法研究[J]. 水利学报, 2008, 39(4): 440-447.
- [22] 戴会超, 唐德善, 张范平, 等. 城市人水和谐度研究[J]. 水利学报, 2013, 44(8): 973-978.
- [23] 康艳, 蔡焕杰, 宋松柏. 宝鸡市人水和谐评价研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(1): 156-165.
- [24] 王梅, 唐德善, 孟珍珠, 等. 基于模糊物元的综合评价模型在区域人水和谐评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2015, 33(2): 160-163.
- [25] 倪盼盼, 张翔, 夏军, 等. 水生态文明评价指标体系比较及济南市指标体系构建[J]. 中国农村水利水电, 2017(7): 85-88.
- [26] WANG Z G, LIU Y, LI Y Z, et al. Legislation on protection of drinking water sources and local management practices in the Pearl River Delta region of China[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2016, 14(2): 144-152.
- [27] TONE K. A slacks-Based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130: 498-509.
- [28] 钱文婧, 贺灿飞. 中国水资源利用效率区域差异及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(2): 54-60.
- [29] FARE R, GROSSKOPF S. Nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: comment[J]. American Journal of Agriculture Economics, 2003, 85: 1070-1074.
- [30] 马海良, 黄德春, 张继国. 考虑非合意产出的水资源利用效率及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(10): 35-42.
- (收稿日期: 2018-09-14 编辑: 胡新宇)