

京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应及贡献

吴丹, 潘朱玲

(北方工业大学经济管理学院, 北京 100144)

摘要:为明晰科技创新对水资源利用效率的影响机理,利用空间计量模型,构建了科技创新水平对水资源利用效率的影响效应模型与贡献模型。基于2009—2021年面板数据,测算了京津冀科技创新指数和水资源利用效率指数,评价了京津冀科技创新水平对水资源利用效率的弹性系数与贡献率。结果表明:京津冀科技创新指数与水资源利用效率指数均呈稳定增长趋势,二者同向演化;京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响正向显著且存在空间差异,北京、天津、河北的科技创新水平每提升1%,水资源利用效率分别提升2.684%、0.918%、1.365%;北京、天津、河北科技创新水平对水资源利用效率的贡献率分别为50.47%、45.74%、62.59%,2009—2021年京津冀科技创新水平对水资源利用效率的贡献率受技术迭代、政策颁布及用水结构优化的影响呈分段波动形态。

关键词:科技创新;水资源利用效率;弹性系数;贡献率;京津冀

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2024)04-0065-08

Impact and contribution of technology innovation level on water use efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei Region//
WU Dan, PAN Zhuling(School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract: To clarify the impact mechanism of technology innovation on water use efficiency, a spatial econometric model was used to construct the impact effect model and contribution model of technology innovation level on water use efficiency. Based on panel data from 2009 to 2021, the technology innovation index and water use efficiency index in the Beijing-Tianjin-Hebei Region were calculated, and the elasticity coefficient and contribution rate of the technology innovation level to water use efficiency in the Beijing-Tianjin-Hebei Region were evaluated. The results indicate that the technology innovation index and water use efficiency index in the Beijing-Tianjin-Hebei Region show a stable growth trend, and both are evolve in the same direction. The impact of technology innovation level on water use efficiency in the Beijing-Tianjin-Hebei Region is positively significant and there are spatial differences. For every 1% increase in technology innovation level in Beijing, Tianjin, and Hebei, water use efficiency increases by 2.684%, 0.918%, and 1.365%, respectively. The contribution rates of technology innovation level to water use efficiency in Beijing, Tianjin, and Hebei are 50.47%, 45.74%, and 62.59%, respectively. The contribution rate of technology innovation level to water use efficiency in the Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021 shows a segmented fluctuation pattern influenced by technological iteration, policy issuance, and water use structure optimization.

Key words: technology innovation; water use efficiency; elasticity coefficient; contribution rate; Beijing-Tianjin-Hebei Region

党的二十大报告强调“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”,深刻阐明了科技创新在推动经济高质量发展中的重要地位。科技创新有利于促进传统产业发展模式创新和产业转型升级,推动经济高质量发展。同时,科技创新在资源节约型和环境友好型社会建设中发挥着重

要作用,通过推广节水技术和转变生产方式,可进一步降低水资源消耗和优化用水结构,控制水污染物排放和减少水环境污染,提高水资源利用效率^[1]。在京津冀协同发展战略实施背景下,国家部委先后出台了《京津冀协同发展科技创新专项规划》《京津冀工业节水行动计划》《京津冀水利协同发展专项

规划》等政策举措,提升京津冀科技创新水平,强化用水总量和用水强度双控行动实施方案。为此,深化京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应及贡献研究,可为京津冀地区建立健全科技创新管理制度和水资源管理政策制度、破解京津冀科技创新提升水资源利用效率难题提供实践指导。

众多学者依据区域经济社会发展与产业用水结构演变特征,开展了科技创新对水资源利用效率的影响研究,为探寻水资源利用效率提升的实践路径提供科学指导。目前研究主要从区域层面和行业层面,依据生产率前沿理论、系统优化理论、多目标决策理论、模糊数学理论和博弈论等相关理论^[2-6],应用投入产出效率评价法、多指标决策分析法等评价方法^[7-13],定量测算科技创新对水资源利用效率的影响效应。一方面,学者们探讨了区域科技进步是否显著影响水资源利用效率及其影响路径、影响效应等热点问题。例如:Liang 等^[4]应用两阶段数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)法测算了中国西部 11 省区的水资源利用效率,得出科技进步、城市化水平、经济发展水平是影响水资源利用效率的关键因素;张乐勤等^[14]应用偏最小二乘通径分析法,测算了安徽省技术创新对水资源利用效率的边际贡献,得出科技创新不仅能直接带来水资源利用效率的提升,还能通过经济发展水平、规制政策及产业结构等因素影响水资源利用效率,其中科技创新对水资源利用效率提升的直接效应大于间接效应;Pan 等^[15]采用超效率 DEA 法评价了山东省水资源利用效率,得出水资源利用效率提升主要归因于效率变化与技术变化,技术进步对水资源利用效率的提升大于规模效率增长。另一方面,学者们研究了农业节水技术应用对农业水资源利用效率的影响效应、技术创新对提升工农业水资源利用效率的作用。例如:Koech 等^[16]应用效率分解模型进行研究,发现灌溉基础设施现代化和自动化改善减少了用水总量,明确未来遥感技术、无线通信系统及通用传感器的普及,有利于大幅提高农业水资源利用效率;陈杰等^[10]采用 Malmquist 和 LMDI (logarithmic mean divisia index) 分析法,测算了华北平原地区灌溉用水反弹量,明确农业节水技术应用将影响农业用水效率及其反弹效应;Du 等^[17]明晰了黄河流域上中下游不同污染类型工业聚集特征,采用地理加权回归模型,测算了黄河流域水污染密集指数,发现技术创新对提升重污染工业用水效率具有显著正向促进作用;苗峻瑜等^[18]结合超效率 EBM (explainable boosting machine) 模型、ML (machine learning) 指数及 Tobit 模型,测算了黄河流域 9 省区工业用水效率

的动态变化趋势,得出技术进步能够有效提升工业用水效率,但近年来技术效率的驱动力有所减弱;雷玉桃等^[19]采用 SFA (stochastic frontier approach) 方法测算了中国四大区域工业用水效率,并结合回归模型确定了区域工业用水效率差异的关键影响因素。

现有成果为深化科技创新水平对水资源利用效率的影响研究奠定了理论基础和提供了实践指导,但仍存在一些不足:一是学者们主要采用空间计量模型评价科技创新水平对水资源利用效率的影响效应,偏向于采用单一化指标表征科技创新水平和水资源利用效率,科技创新水平与水资源利用效率的衡量指标有待进一步优化;二是鲜有文献深入探讨京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应及贡献。鉴于此,为明晰科技创新对水资源利用效率的影响机理,本文提出京津冀科技创新水平对水资源利用效率影响的理论假说,测算京津冀科技创新指数和水资源利用效率指数,用以表征京津冀科技创新水平和水资源利用效率,并构建科技创新水平对水资源利用效率影响的空间计量模型和贡献模型,测算科技创新水平对水资源利用效率的弹性系数和贡献率,从而提出破解京津冀科技创新提升水资源利用效率难题的对策建议。

1 研究方法

1.1 理论假说

科技创新作为水资源利用效率提升的重要手段,对水资源利用效率的影响机理可表述为:①科技创新加快推动节水技术的推广应用,有效控制用水总量,降低水资源消耗总量;②科技创新通过推动传统产业发展模式创新,加快转变生产方式,推进产业结构转型升级,优化用水结构;③科技创新推动经济高质量发展,实现经济高质量发展与用水总量控制、产业结构转型升级的相互推进,最终提升水资源利用效率。科技创新对水资源利用效率的影响机理见图 1。由于京津冀地区科技创新水平存在差异,节水技术的应用范围与重点行业不同,且产业结构转型升级程度不同,因此京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应也不尽相同。为此,根据图 1 提出两个理论假说:H1——京津冀科技创新水平显著提升水资源利用效率;H2——京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应存在显著的空间差异。

1.2 变量及指标选取

依据提出的理论假说,确定京津冀科技创新水平对水资源利用效率影响的被解释变量和解释变量,选择科技创新水平作为解释变量,水资源利用效

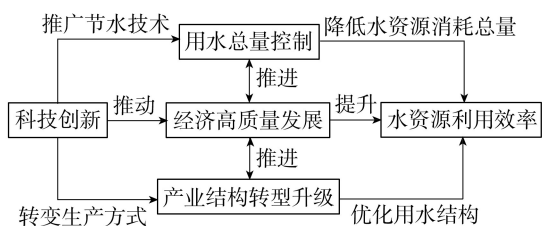


图1 科技创新对水资源利用效率的影响机理

Fig.1 Influence mechanism of technology innovation on water use efficiency

率作为被解释变量,产业升级程度和环境规制强度作为控制变量。梳理文献并结合变量特征,综合考虑指标的全面性、代表性和数据可获得性,选取变量指标。

a. 解释变量。基于投入产出视角,从科技创新投入、科技创新产出和科技创新环境 3 个维度衡量科技创新水平。①依据京津冀科技创新水平提升与人力资本、研发经费的关系^[20],选取研发人员占从业人员比例、每万名高技术产业研发人员折合全时当量、研发经费投入强度、高技术产业研发经费内部支出作为科技创新投入指标;②依据科技创新水平与专利产出、市场效益的关系^[20],选取每万人国内专利申请受理量、技术市场成交额占比、技术市场技术流向地域合同金额、高技术产业新产品销售收入作为科技创新产出指标;③依据科技创新水平与经济基础、政府支持、教育与科研资源的关系^[21],选取地方财政科学技术支出、人均 GDP、每 10 万人普通高等学校在校学生数、研发机构数作为科技创新环境指标。据此设计科技创新水平指标体系,测算京津冀科技创新指数,作为解释变量的数据值,用 I 表示。

b. 被解释变量。基于最严格水资源管理制度,从综合用水效率和行业用水效率两个维度衡量水资源利用效率。①依据水资源利用效率与经济高质量发展、产业转型升级的关系^[22],选取万元 GDP 用水量作为综合用水效率指标;②依据水资源利用效率与产业转型升级的关系^[22],选取农田灌溉水有效利用系数、万元农业增加值用水量、万元工业增加值用水量、万元服务业增加值用水量、人均生活用水量作为行业用水效率指标。据此设计水资源利用效率指标体系,测算京津冀水资源利用效率指数,作为被解释变量的数据值,用 W 表示。

c. 控制变量。梳理水资源利用效率的关键影响因素可知,产业升级程度、环境规制强度与水资源利用效率密不可分,可将其作为控制变量。采用第二产业增加值与第三产业增加值的比值衡量产业升级程度^[23],用 U 表示;采用工业废水治理投资额与

工业增加值的比值衡量环境规制强度^[24],用 R 表示。

1.3 模型构建

1.3.1 科技创新指数和水资源利用效率指数测算模型

采用层次等权法与综合加权法构建科技创新指数和水资源利用效率指数测算模型:

$$I_{it} = \sum_{h=1}^n w_h X'_{iht} \quad (1)$$

$$W_{it} = \sum_{l=1}^m w_l X'_{ilt} \quad (2)$$

其中

$$X'_{iht} = \begin{cases} X_{iht}/X_{iht,max} & \text{效益型指标} \\ X_{iht,min}/X_{iht} & \text{成本型指标} \end{cases}$$

$$X'_{ilt} = \begin{cases} X_{ilt}/X_{ilt,max} & \text{效益型指标} \\ X_{ilt,min}/X_{ilt} & \text{成本型指标} \end{cases}$$

式中: I_{it} 为京津冀第 t 年第 i 地区的科技创新指数, $i=0,1,2,3$ 分别表示京津冀整体、北京、天津、河北; W_{it} 为京津冀第 t 年第 i 地区的水资源利用效率指数; w_h, w_l 分别为衡量科技创新指数第 h 指标、水资源利用效率指数第 l 指标的权重,采用层次等权法予以确定; n, m 分别为衡量科技创新指数、水资源利用效率指数的指标个数; X'_{iht}, X'_{ilt} 分别为第 t 年第 i 地区衡量科技创新指数第 h 指标、水资源利用效率指数第 l 指标经过无量纲化处理的指标值; X_{iht}, X_{ilt} 分别为第 t 年第 i 地区衡量科技创新指数第 h 指标、水资源利用效率指数第 l 指标的指标值; $X_{iht,max}, X_{iht,min}$ 分别为衡量科技创新指数第 h 指标的最优值、最劣值; $X_{ilt,max}, X_{ilt,min}$ 分别为衡量水资源利用效率指数第 l 指标的最优值、最劣值。

1.3.2 科技创新水平对水资源利用效率的影响效应模型

采用空间计量模型构建京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应模型:

$$W_{it} = \beta_0 + \beta_1 I_{it} + \beta_2 U_{it} + \beta_3 R_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: U_{it} 为京津冀第 t 年第 i 地区的产业升级程度; R_{it} 为京津冀第 t 年第 i 地区的环境规制强度; β_0 为常数项; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 分别为 I_{it}, U_{it}, R_{it} 的弹性系数; ε_{it} 为随机误差项。

1.3.3 科技创新水平对水资源利用效率的贡献模型

根据构建的京津冀科技创新指数和水资源利用效率指数,构建广义生产函数模型:

$$W_{it} = A I_{it}^{\beta_1} U_{it}^{\beta_2} R_{it}^{\beta_3} e^{u_{it}} \quad (4)$$

式中: A 为环境常数; u_{it} 为随机误差项。对式(4)两边取对数并求差分,省略随机误差项后可得以增长

率形式呈现的函数模型,将等式两边同时除以 $\Delta W_{it}/W_{it}$,并乘以 100%,得到:

$$\beta_1 \frac{\Delta I_{it}/I_{it}}{\Delta W_{it}/W_{it}} \times 100\% + \beta_2 \frac{\Delta U_{it}/U_{it}}{\Delta W_{it}/W_{it}} \times 100\% + \beta_3 \frac{\Delta R_{it}/R_{it}}{\Delta W_{it}/W_{it}} \times 100\% = 1 \quad (5)$$

式中左侧第一、二、三项分别为京津冀第 t 年第 i 地区科技创新水平、产业升级程度、环境规制强度对水资源利用效率的贡献率。

2 结果与分析

本文样本范围是北京、天津和河北,数据主要来源于《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省统计年鉴》以及国家统计局,时间跨度为 2009—2021 年。

2.1 科技创新指数与水资源利用效率指数

2.1.1 科技创新指数

图 2 为 2009—2021 年京津冀科技创新指数变化情况。由图 2 可见,2009—2021 年北京的科技创新指数远高于天津与河北,京津冀整体、北京与河北均呈现平滑增长趋势,2016—2019 年天津略有回落,原因是天津科技创新投入小幅缩减,产出也随之下降。综合来看,京津冀科技创新指数差异可归因于科技市场的积累与政府资金的支持两方面:①从市场角度分析,科技创新市场发育的完全性、竞争机制的完善性、资源积累的雄厚性均影响科技创新指数的持续提升。北京科技创新市场技术积累进程早于天津与河北,三省市科创企业发展的起跑线存在较大差异。北京更容易吸引科创人才与金融资本,从而开始下一轮的科创升级。②从政府角度分析,政府科创资金的支持度影响了中小企业的创新绩效和区域创新能力。京津冀三省市获得的政府帮扶资金有一定差别。北京科创企业众多且高新产业聚集,可集中力量创造出高效益的科技成果,继而获得政府更多资金支持,形成良性循环;天津拥有享誉全国的科创园区,近年来在政府大力支持下孵化出多

项高新技术成果,但由于原始积累落后于北京,科技创新指数仍未达到与北京并驾齐驱的程度;河北缺乏声名在外的特色产业园区,政府帮扶难以精准落实于能创造出最大经济效益的科创企业。

从增速变化看,2009—2021 年北京、天津和河北的科技创新指数增速分别为 1.47%、1.88%、3.12%,其中河北增速最大,原因是河北科技创新投入与产出增幅最大。综合来看,京津冀科技创新指数增速差异可归因于技术创新效应的变动。从技术角度分析可知,技术创新效应变动呈“S”形曲线,科技创新投入带来的成效呈现边际递减的规律。北京与天津科技创新水平较高,处于平台期,而河北科技创新水平仍有较大的上升空间,提高科技创新投入产出效应最为显著。

从科技创新指数差距看,2009—2021 年北京优于天津、河北,但北京与天津、河北之间的差距有所缩减,分别从 0.1239、0.3324 降至 0.1066、0.2738。综合来看,京津冀科技创新指数差距缩小可归因于协同政策的实施。从政策角度分析可知,国家战略与政府支持是影响科技创新水平提升的关键。京津冀协同发展战略实施以来,京津冀经济发展、产业升级等多方面取得了显著成效,北京高新技术转化成果扩散到河北地区,缩小了二者之间科技创新水平的差距,天津与北京、河北优势互补,缩小了区域间科技创新水平的差距。

2.1.2 水资源利用效率指数

图 3 为 2009—2021 年京津冀水资源利用效率指数变化。由图 3 可见,2009—2021 年北京水资源利用效率指数高于天津与河北。京津冀整体、北京与河北水资源利用效率指数均呈现持续增长趋势,但天津于 2017 年出现较大波动,并于 2019 年陡降,原因是天津万元农业增加值用水量于 2017 年出现反弹,万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量与万元服务业增加值用水量于 2018 年出现反弹。综合来看,京津冀水资源利用效率指数差异可归因于 3 方面:①从产业结构角度分析,产业结构是否均衡一定程度上影响了水资源利用效率的提升,而京津冀三省市产业结构均衡度不同。北京作为国家政治经济中心,自 2009 年起第三产业占 GDP 比例已独占鳌头;天津作为老牌工业城市,长期以来的工业积累使其第二产业占 GDP 比例处在相对较高的位置,自 2015 年起天津第三产业增加值逐渐超越第二产业增加值;河北作为拥有丰富煤矿资源的工业大省和广阔耕地面积的农业大省,第一产业和第二产业占比较大,自 2021 年起河北第三产业占 GDP 比例开始超越第一产业与第二产业。由于第一产业和第

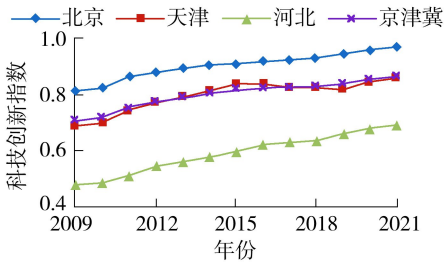


图 2 2009—2021 年京津冀科技创新指数变化
Fig. 2 Change of technology innovation index in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021

二产业的耗水量远大于第三产业,因此第三产业占比大的北京整体水资源利用效率高于天津和河北。

②从经济发展方式角度分析,经济发展模式影响水资源可持续利用。早期河北采用粗放式经济增长模式,浪费水资源,污染水环境。相比河北,北京与天津经济发展模式转变升级较早,将生态文明理念纳入顶层战略规划并落实,因此 2009—2019 年北京与天津水资源利用效率高于河北。

③水资源管理相关政策的颁布与实施、公民节水意识的培育等也是水资源利用效率提升的关键因素。北京作为国家首都,政策试点与意识培育均走在全国前列,通过颁布相关政策、严抓政策实施、将节水融入社会公民教育中等举措,使北京一直保持相对较高的水资源利用效率。

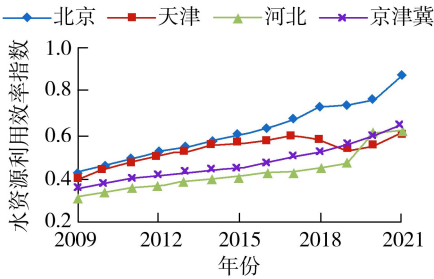


图 3 2009—2021 年京津冀水资源利用效率指数变化

Fig. 3 Change of water use efficiency index in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021

从增速变化看,2009—2021 年北京、天津、河北的水资源利用效率指数增速分别为 6.01%、3.45%、5.82%,其中北京增速最大,原因是北京农业、工业和服务业增加值用水量下降最快,且最严格水资源管理制度实施效果相对最优。综合来看,京津冀水资源利用效率指数增速差异可归因于用水结构的优化与政策实施的效果两方面:

①从用水结构角度分析,2009—2021 年北京农业、工业和服务业增加值用水量降幅最大,河北农业、工业和服务业增加值用水量也均呈直线下降趋势,表明北京与河北用水结构优化效果较好,而天津农业、工业和服务业增加值用水量均出现了反弹现象,表明天津用水结构优化效果不佳。

②从政策实施的角度分析,2009—2021 年北京与河北严格执行最严格水资源管理制度,万元 GDP 用水量、农田灌溉用水有效系数、万元工业增加值用水量均呈稳中向好趋势,天津从 2018 年开始主要用水效率指标出现剧烈波动,政策实施效果不佳。

从水资源利用效率指数差距看,2009—2021 年北京优于天津、河北,北京与天津、河北的水资源利用效率指数差距有所增大,从 0.031 1、0.114 0 增至 0.266 7、0.243 4。而天津与河北的差距有所缩小,

且自 2020 年起河北超过了天津。综合来看,京津冀水资源利用效率指数差距增大可归因于科技创新水平与经济发展水平的差异两方面:

①从科技创新角度分析,坐拥众多高精尖技术产业园区的北京具备研发节水技术的雄厚资源基础,而河北科技创新水平相对较弱,受制于薄弱的经济基础,研发重心偏向以创新技术驱动经济高质量发展,相关资源制约因素考量较少。

②从经济发展角度分析,北京经济发展质效高于天津与河北,万元 GDP 用水量远小于天津与河北,且年下降幅度高于天津与河北。

2.2 科技创新水平对水资源利用效率的影响效应

推导得到京津冀科技创新水平对水资源利用效率的影响效应公式:

$$\begin{cases} W_0 = -0.001 + 0.931I_0 - 0.275U_0 - 0.006R_0 \\ W_1 = -1.232 + 2.684I_1 - 0.656U_1 - 0.045R_1 \\ W_2 = -0.204 + 0.918I_2 + 0.015U_2 - 0.001R_2 \\ W_3 = 0.079 + 1.365I_3 - 0.974U_3 - 0.031R_3 \end{cases} \quad (6)$$

由式(6)可以得到,京津冀整体、北京、天津、河北的科技创新水平每提升 1%,水资源利用效率分别提升 0.931%、2.684%、0.918%、1.365%,京津冀科技创新水平对水资源利用效率均呈正向显著影响。北京、河北、天津科技创新水平对水资源利用效率提升的促进作用依次递减。据此可得出:京津冀科技创新水平显著提升水资源利用效率,京津冀地区科技创新水平对水资源利用效率的影响显著为正且存在空间差异(满足理论假说)。究其原因,有以下 3 点:

①北京水资源禀赋低但科技创新水平高,一定程度上解决了水资源供需不平衡的顽疾问题。同时,北京作为国家首都,水资源管理政策制度与实践机制相比津冀地区更为完善,在将先进科技高效应用于水资源利用工程的实践中走在前列。

②河北作为我国粮食大省与工业大省,农业用水与工业用水占比较大,节水技术的应用提高了工农业水资源利用效率,大幅降低用水总量。

③天津作为临海的港口城市,水资源禀赋高但用水结构不均衡。天津科技创新水平较高,通过研发水利技术并应用于工业节水,大幅度优化了用水结构,提高了水资源利用效率。同时,相较于第三产业,天津工业水资源利用效率的提升空间虽大,但存在资源环境污染等问题,导致水资源利用效率的提升并未能达到预期效果。

2.3 科技创新水平对水资源利用效率的贡献率

表 1 为 2009—2021 年京津冀科技创新水平对水资源利用效率贡献率的时间变化。由表 1 可见,2009—2021 年京津冀科技创新指数与水资源利用

效率指数的增长率均呈先减后增的“U”形曲线变化趋势。科技创新水平对水资源利用效率的贡献率变动幅度较大,且阶段性特征明显,2009—2012 年呈现大幅上升趋势,2013—2017 年呈波动下降趋势,2018—2021 年呈缓慢爬坡态势。

表 1 2009—2021 年京津冀科技创新水平对水资源利用效率贡献率的时间变化

Table 1 Time change of contribution rate of technology innovation level to water use efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021			
时间	科技创新指数增长率/%	水资源利用效率指数增长率/%	贡献率/%
2009—2010 年	2.46	7.19	31.83
2010—2011 年	3.59	5.79	57.77
2011—2012 年	2.76	3.19	80.41
2012—2013 年	2.12	4.14	47.62
2013—2014 年	1.65	2.38	64.47
2014—2015 年	1.74	2.51	64.79
2015—2016 年	0.92	4.37	19.60
2016—2017 年	0.16	4.74	3.16
2017—2018 年	0.36	5.98	5.53
2018—2019 年	1.27	5.38	22.03
2019—2020 年	1.99	7.28	25.51
2020—2021 年	0.98	8.02	11.38

表 2 为 2009—2021 年京津冀科技创新水平对水资源利用效率贡献率的空间变化。由表 2 可见,2009—2021 年河北、北京、天津科技创新水平对水资源利用效率的贡献率依次递减,河北、北京显著高于天津。

表 2 2009—2021 年京津冀科技创新水平对水资源利用效率贡献率的空间变化

Table 2 Spatial change of contribution rate of technology innovation level to water use efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021			
地区	科技创新指数增长率/%	水资源利用效率指数增长率/%	贡献率/%
北京	19.09	101.52	50.47
天津	25.04	50.27	45.74
河北	44.58	97.23	62.59

2.4 讨论

2.4.1 科技创新指数增速变化的原因

图 4 为 2009—2021 年京津冀科技创新指数分解。由图 4 可见,京津冀科技创新指数增速呈先减后增的“U”形曲线变化,归因于科技创新投入指数、科技创新产出指数和科技创新环境指数的动态演化。①2009—2017 年,京津冀科技创新指数增长率下降主要受到科技创新投入指数、科技创新产出指数的增速影响。其中,每万名高技术产业研发人员折合全时当量、高技术产业研发经费内部支出的增速变化对科技创新投入指数增速影响较大。每万人

国内专利申请受理量、技术市场技术流向地域合同金额的增速变化对科技创新产出指数增速影响较大。②2017—2021 年,京津冀科技创新指数增长率上升主要受到科技创新投入指数、科技创新产出指数的增速影响。其中,研发经费投入强度、高技术产业研发经费内部支出的增速变化对科技创新投入指数增速影响较大。技术市场技术流向地域合同金额、高技术产业新产品销售收入的增速变化对科技创新产出指数增速影响较大。

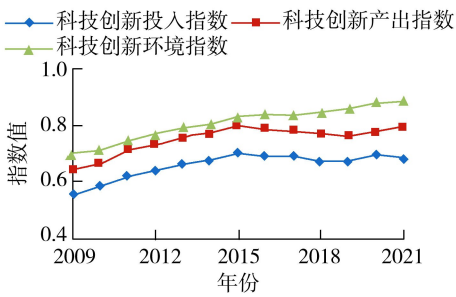


图 4 2009—2021 年京津冀科技创新指数分解
Fig. 4 Decomposition of technology innovation index in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021

2.4.2 水资源利用效率指数增速变化的原因

图 5 为 2009—2021 年京津冀水资源利用效率指数分解。由图 5 可见,京津冀水资源利用效率增长率呈先减后增的“U”形曲线变化归因于京津冀综合用水效率与行业用水效率的动态演化。①2009—2014 年,京津冀水资源利用效率指数增长率下降主要受到综合用水效率指数和行业用水效率指数的增速影响。其中,万元 GDP 用水量的增速变化对综合用水效率指数增速影响较大;万元服务业增加值用水量、万元农业增加值用水量、万元工业增加值用水量的增速变化对行业用水效率指数增速影响较大,按服务业、农业、工业依次递减。综合来看,在科技创新水平提升的影响作用下,用水总量控制的用水效率提升优于产业结构转型升级的用水效率提升。②2015—2021 年,京津冀水资源利用效率指数增长率上升主要受到行业用水效率指数的增速影响。其中,万元服务业增加值用水量、万元农业增加值用水

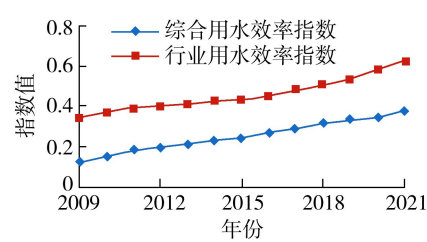


图 5 2009—2021 年京津冀水资源利用效率指数分解
Fig. 5 Decomposition of water use efficiency index in Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2009 to 2021

量、万元工业增加值用水量增速变化对行业用水效率指数增速影响较大,按服务业、农业、工业依次递减。综合来看,在科技创新水平提升的影响作用下,产业结构转型升级的用水效率提升优于用水总量控制的用水效率提升。

2.4.3 贡献率变化的原因

根据表 1,2009—2021 年京津冀科技创新水平对水资源利用效率的贡献率变化过程可分为 3 个时期。①2009—2013 年,贡献率变化呈倒“U”形,并于 2012 年达到峰值。究其原因,自 21 世纪以来,政府就如何实现水资源集约节约利用密集出台政策,2012 年国务院颁布《关于实行最严格水资源管理制度的意见》,开始严格控制用水总量和提升用水效率。同时,2008 年金融危机后,京津冀研发经费投入高速增长,加快了科技创新水平提升步伐,受强制性政策影响,用水总量下降较快,水资源利用效率指数与科技创新指数均处于较高水平,故 2012 年成为贡献率攀升的阶段转折点。②2014—2017 年,贡献率变化呈倒“U”形,较 2009—2013 年明显下降。原因是技术效应边际递减与用水需求改变,导致用水总量控制的用水效率提升劣于产业结构转型升级的用水效率提升。③2018—2021 年,贡献率变化呈“S”形,2020 年达到顶峰,为 25.21%,2021 年开始下降。究其原因,受国际形势影响,2017 年起高技术产业研发人员投入锐减,高技术产业新产品销售收入受到冲击,京津冀科技创新指数增长率下降幅度较大,而水资源利用效率指数因用水结构优化而大幅提升,致使贡献率增速缓慢。

根据表 2,2009—2021 年河北、北京、天津科技创新水平对水资源利用效率的整体贡献率依次递减,河北、北京显著高于天津。究其原因,北京水资源利用效率指数稳步提升,河北次之,而天津因万元工业增加值用水量出现反弹,导致水资源利用效率指数提升幅度较低。同时,由于天津科技创新水平对水资源利用效率的影响效应最低,故天津科技创新水平对水资源利用效率的贡献率最低。此外,河北早期的科技创新水平最低,但科技创新投入效应高,因此科技创新水平提升空间最大。而北京科技创新水平提升空间小,故河北科技创新水平对水资源利用效率的贡献率高于北京。

3 结论与建议

3.1 结论

a. 2009—2021 年京津冀科技创新指数、水资源利用效率指数均呈稳定增长趋势,北京科技创新指数和水资源利用效率指数均高于天津与河北,但河

北科技创新指数增速高于天津与北京。

b. 京津冀科技创新水平正向促进水资源利用效率提升,但存在显著的空间差异性,北京、河北、天津依次递减。京津冀科技创新水平对水资源利用效率的贡献率普遍较高但同样存在区域差异,河北、北京、天津依次递减。

c. 2009—2021 年京津冀科技创新指数与水资源利用效率指数年增长率均呈现先减后增的趋势,贡献率波动较大且阶段性特征明显。2009—2013 年与 2014—2017 年贡献率变化均呈倒“U”形,但峰值相差较大;2018—2021 年贡献率变化呈“S”形,2020 年达到顶峰,为 25.21%,2021 年开始下降。

3.2 建议

a. 加大科技创新投入力度,保证科技创新产出效益,持续优化科技创新环境建设。①京津冀科技创新指数增长变化主要受到科技创新投入指数、科技创新产出指数的增速影响。每万名高技术产业研发人员折合全时当量、研发经费投入强度、高技术产业研发经费内部支出的增速变化对科技创新投入指数增速影响较大。每万人国内专利申请受理量、技术市场技术流向地域合同金额、高技术产业新产品销售收入的增速变化对科技创新产出指数增速影响较大。即科技创新水平受人员投入、经费投入、专利产出和市场交易的影响较大,因此京津冀应增加科创人员与经费投入,完善科技创新成果市场交易机制,鼓励科技创新成果流通与销售,尤其应关注高技术产业相关成果产出是否得以物尽其用。②技术创新效应展现为典型的“S”形曲线,应持续优化科技创新环境建设,夯实经济基础,加强政府支持,储备人才资源,为提升科技创新水平保驾护航。北京和天津要警惕创新平台期与瓶颈期,避免出现创新投入资源冗余的现象,河北应重点关注技术效应边际递减规律。

b. 加大节水技术研发强度,优化用水结构,严控用水总量。①京津冀水资源利用效率指数增长变化主要受到综合用水效率指数和行业用水效率指数的增速影响。万元 GDP 用水量的增速变化对综合用水效率指数增速影响较大。万元服务业增加值用水量、万元农业增加值用水量、万元工业增加值用水量的增速变化对行业用水效率指数增速影响较大。京津冀应转变节水重点,因地制宜加大京津冀节水技术的研发应用和推进产业转型升级,以优化用水结构,提升水资源利用效率,具体应优先关注服务业用水效率的提升,并注重农业和工业用水效率的提升。②强化水资源刚性约束与双控行动实施方案,

降低水资源回弹效应的影响,警惕由于节水技术普及带来水资源利用效率提升后的京津冀用水规模扩大,防止水资源消耗总量不降反增的局面发生。在科技创新水平提升的影响作用下,既实现产业结构转型升级的用水效率提升,又实现用水总量控制的用水效率提升。

参考文献:

[1] 吴兆丹,华钰,吴奕卓,等.科技支撑江淮生态大走廊水环境治理的问题与路径[J].水利经济,2020,38(1):68-73. (WU Zhaodan, HUA Yu, WU Yizhuo, et al. Problems and paths of water environment governance of Yangtze River and Huaihe River (Jianghuai) Ecological Corridor under scientific and technological support [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2020, 38 (1): 68-73. (in Chinese))

[2] 王济干,李颖秋.基于SFA-ESDA的长江三角洲地区全要素水资源利用效率研究[J].水利经济,2021,39(2):9-16. (WANG Jigan, LI Yingqiu. Total factor water efficiency in Yangtze River Delta based on SFA-ESDA [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2021, 39 (2): 9-16. (in Chinese))

[3] 张瑶兰,史毅超,许继良.基于博弈论-云模型的金华市用水效率综合评价[J].中国农村水利水电,2021(3):53-57. (ZHANG Yaolan, SHI Yichao, XU Jiliang. Comprehensive evaluation of water use efficiency in Jinhua City based on the game theory and the cloud model [J]. China Rural Water and Hydropower, 2021 (3): 53-57. (in Chinese))

[4] LIANG Xuedong, LI Jiacheng, GUO Gengxuan, et al. Evaluation for water resource system efficiency and influencing factors in western China: a two-stage network DEA-Tobit model [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 328: 129674.

[5] LIU Kaidi, YANG Guoliang, YANG Duogui. Investigating industrial water use efficiency in mainland China: an improved SBM-DEA model [J]. Journal of Environmental Management, 2020, 270: 110859.

[6] ZHANG Yu, GENG Wenliang, ZHANG Pengyan, et al. Dynamic changes, spatiotemporal differences and factors influencing the urban eco-efficiency in the lower reaches of the Yellow River [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17 (20): 7510.

[7] 崔东文.文山州近10年水资源利用效率评价SLC-PP模型及应用[J].河海大学学报(自然科学版),2017,45(2):129-136. (CUI Dongwen. SLC-PP model and its application to evaluation of water use efficiency in Wenshan Prefecture in last ten years [J]. Journal of Hohai

University (Natural Sciences), 2017, 45 (2): 129-136. (in Chinese))

[8] 徐晋轩,杨默远,潘兴瑶,等.基于水足迹的北京市水资源开发利用演变特征分析[J].水资源保护,2022,38(5):96-104. (XU Jinxuan, YANG Moyuan, PAN Xingyao, et al. Analysis of evolution characteristics of water resources development and utilization in Beijing based on water footprint [J]. Water Resources Protection, 2022, 38 (5): 96-104. (in Chinese))

[9] 张永凯,孙雪梅.黄河流域水资源利用效率测度与评价[J].水资源保护,2021,37(4):37-43. (ZHANG Yongkai, SUN Xuemei. Measurement and evaluation of water resources utilization efficiency in the Yellow River Basin [J]. Water Resources Protection, 2021, 37 (4): 37-43. (in Chinese))

[10] 陈杰,许朗,吴东立.华北平原节水技术、灌溉用水量反弹效应与地区异质性:基于Malmquist和LMDI指数分析[J].自然资源学报,2022,37(8):2181-2194. (CHEN Jie, XU Lang, WU Dongli. Water-saving technology, rebound effect of irrigation water consumption and regional heterogeneity in North China Plain: Based on Malmquist and LMDI Index analysis [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37 (8): 2181-2194. (in Chinese))

[11] TAN Juan, ZOU Xingyun. Water-related technological innovations and water use efficiency: international evidence [J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2023, 59 (15): 4138-4157.

[12] ZHANG Yizhen, WANG Tao, REN Chuantang, et al. Heterogeneous impacts and spillover effects of green innovation network and environmental regulation on water use efficiency: a spatiotemporal perspective from 269 cities in China [J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 90: 104361.

[13] 陈述,吕文芳,王建平.长江流域水资源利用效率时空演变特征分析[J].水资源保护,2022,38(4):80-86. (CHEN Shu, LYU Wenfang, WANG Jianping. Analysis of spatio-temporal evolution characteristics of water resources utilization efficiency in the Yangtze River Basin [J]. Water Resources Protection, 2022, 38 (4): 80-86. (in Chinese))

[14] 张乐勤,陈素平.基于偏最小二乘通径分析方法的科技创新对用水效率边际效应的测度与分析[J].水利水电科技进展,2018,38(1):55-62. (ZHANG Leqin, CHEN Suping. Measurements and analysis of marginal effect of water use efficiency by scientific and technological innovation based on PLS-PATH method [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2018, 38 (1): 55-62. (in Chinese))

- equilibrium in China[J]. Journal of Economics of Water Resources,2023,41(1):17-23. (in Chinese))
- [30] 蔡旺炜,夏继红,祖加翼,等. 基于 WOS 数据库的饮用水源地评价知识图谱分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),2023,51(5):15-23. (CAI Wangwei, XIA Jihong, ZU Jiayi, et al. Knowledge mapping analysis of drinking-water source evaluation based on Web of Science[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2023, 51(5):15-23. (in Chinese))
- [31] 万福兵,代小平. 基于改进 TF-IDF 算法的灌区水权市场运行效果评价[J]. 中国农村水利水电,2022(6):147-153. (WAN Fubing, DAI Xiaoping. Performance evaluation of agricultural water right market in irrigation district using improved TF-IDF algorithm[J]. China Rural Water and Hydropower, 2022(6):147-153. (in Chinese))
- [32] 程秀峰,邹晶晶,叶光辉,等. 融合 Word2Vec 的半积累引用共词网络的领域主题演化研究[J]. 情报学报,2023,42(7):801-815. (CHENG Xiufeng, ZOU Jingjing, YE Guanghui, et al. Exploring the evolution of research topics based on partial-cumulative citation co-word network with Word2Vec[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2023, 42(7):801-815. (in Chinese))
- [33] 杨明一,乔海娟,王银堂,等. 太湖流域分省市水环境政策量化分析与比较[J]. 资源科学,2021,43(10):2042-2054. (YANG Mingyi, QIAO Haijuan, WANG Yintang, et al. Quantitative analysis and comparative study on provincial water environment policies in the Tai Lake Basin[J]. Resources Science, 2021, 43(10):2042-2054. (in Chinese))
- [34] 郝亮,陈劭锋. 我国水资源领域科技创新取得阶段性成果[J]. 科技促进发展,2013,9(5):9-17. (HAO Liang, CHEN Shaofeng. Achievements obtained in water resources scientific and technological innovation of China[J]. Science & Technology for Development, 2013, 9(5):9-17. (in Chinese))
- (收稿日期:2023-08-23 编辑:施业)
- +++++
- (上接第 72 页)
- [15] PAN Zhengwei, WANG Yanhua, ZHOU Yuliang, et al. Analysis of the water use efficiency using super-efficiency data envelopment analysis[J]. Applied Water Science, 2020,10(6):139.
- [16] KOECH R, LANGAT P. Improving irrigation water use efficiency: a review of advances, challenges and opportunities in the australian context[J]. Water,2018,10(12):1771.
- [17] DU Haibo, JI Xuepeng, CHUAI Xiaowei. Spatial differentiation and influencing factors of water pollution-intensive industries in the Yellow River Basin, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2022,19(1):497.
- [18] 苗峻瑜,张春英. 黄河流域九省(区)工业水资源效率时空分异及影响因素[J]. 科技导报,2022,40(19):71-80. (MIAO Junyu, ZHANG Chunying. Temporal and spatial differentiation and influencing factors of industrial water resources efficiency in nine provinces (regions) of the Yellow River Basin [J]. Science & Technology Review,2022,40(19):71-80. (in Chinese))
- [19] 雷玉桃,黄丽萍. 中国工业用水效率及其影响因素的区域差异研究:基于 SFA 的省际面板数据[J]. 中国软科学,2015(4):155-164. (LEI Yuitao, HUANG Liping. Regional differences in industrial water consumption efficiency and its influencing factors for China's major industrial provinces:a study of provincial panel data based on SFA[J]. China Soft Science,2015(4):155-164. (in Chinese))
- [20] 叶堂林,毛若冲. 京津冀科技创新与产业结构升级耦合[J]. 首都经济贸易大学学报,2019,21(6):68-79. (YE Tanglin, MAO Ruochong. Coupling of science and technology innovation and industrial upgrading in Beijing-Tianjin-Hebei [J]. Journal of Capital University of Economics and Business, 2019, 21(6):68-79. (in Chinese))
- [21] 贾洪文,张伍涛,盘业哲. 科技创新、产业结构升级与经济高质量发展[J]. 上海经济研究,2021(5):50-60. (JIA Hongwen, ZHANG Wutao, PAN Yezhe. Scientific and technological innovation, industrial structure upgrading and high-quality economic development [J]. Shanghai Journal of Economics,2021(5):50-60. (in Chinese))
- [22] 姜德娟,李丽娟. 2011—2020 年山东省水资源利用效率及动态分析[J]. 水资源与水工程学报,2023,34(3):10-18. (JIANG Dejuan, LI Lijuan. Analysis of water use efficiency and its dynamics in Shandong Province during 2011-2020 [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2023,34(3):10-18. (in Chinese))
- [23] 吴振华. 劳动报酬、消费升级与产业结构升级[J]. 工业技术经济,2019,38(11):101-106. (WU Zhenhua. Labor remuneration, consumption upgrading and industrial structure upgrading[J]. Journal of Industrial Technological Economics,2019,38(11):101-106. (in Chinese))
- [24] 何为,刘昌义,刘杰,等. 环境规制、技术进步与大气环境质量:基于天津市面板数据实证分析[J]. 科学与科学技术管理,2015,36(5):51-61. (HE Wei, LIU Changyi, LIU Jie, et al. Environmental regulation, technology change, and air pollution: a panel study on Tianjin [J]. Science of Science and Management of S. & T., 2015, 36(5):51-61. (in Chinese))
- (收稿日期:2023-09-12 编辑:王芳)