

# 京津冀城市群城乡生活用水效率差异分析

海霞<sup>1,2</sup>, 李伟峰<sup>1</sup>, 韩立建<sup>1</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域国家重点实验室, 北京 100085;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 京津冀城市群高度密集连片的人类活动致使区域水资源短缺问题越来越严重, 随着区域生活质量的普遍提升, 生活用水比重不断增加, 其对区域水资源综合利用效率的影响越来越大。城市群不均衡的发展模式不仅体现在不同城市之间生活用水方式存在差异, 也体现在城乡之间的差异。结合 Tapio 脱钩方法, 从城市与城市及城市与周边相互影响的角度, 分析了京津冀城市群 2001–2015 年城乡生活用水及其效率时空变化规律。主要结论为: 城乡生活用水规模存在明显差异, 城乡生活用水量比例为 7: 3, 城乡人均生活用水量比例为 3: 1, 时间尺度上的变化呈现为城镇生活用水量增长, 而农村生活用水量下降的趋势; 城乡生活用水效率有明显差异, 除北京外, 其他城市农村生活用水效率普遍高于城镇; 时间尺度上的变化特征表明, 城镇生活用水效率不断提高并相对稳定, 而农村生活用水效率则先提高后降低; 京津冀生活用水效率的综合提高, 不仅考虑每个城市自身的发展需要, 更需要从城市与城市及城市与周边联动协调的角度制定科学合理的用水方案, 从而更好地服务于京津冀一体化和水资源可持续利用。

**关键词:** 用水效率; 城乡生活用水; 脱钩理论; 京津冀城市群

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)02-0027-07

## Study on the domestic water use efficiency between urban and rural areas of Beijing – Tianjin – Hebei urban agglomeration, China

HAI Xia<sup>1,2</sup>, LI Weifeng<sup>1</sup>, HAN Lijian<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The highly intensive and contiguous human activities of Beijing – Tianjin – Hebei Urban Agglomeration (BTH) of China pose more pressure on the problem of water shortage. With the improvement of life quality, the domestic water demand obviously rises, and has more impacts on the regional water use efficiency. However, the unbalanced regional development pattern leads to the difference of domestic water use efficiency not only between cities but also between urban and rural areas. In this study, we used the Tapio decoupling method to substantially analyze the spatial – temporal variation of the domestic water use and its efficiency of urban and rural areas of BTH based the long series of data from 2001 to 2015 from the perspective of the interaction between city and city and between city and its surroundings. We found: there existed obvious difference on the amount of domestic water use between urban and rural areas. The proportion of water consumption in urban and rural areas was 7: 3, and the proportion of water consumption per capita in urban and rural areas was 3: 1. In addition, the domestic water consumption of urban area was increasing over time while that was declining in rural area. There existed significant difference on the domestic water use efficiency between urban and rural areas. Except Beijing, the domestic water consumption of rural areas of the other cities was higher than that of urban areas. Moreover, the domestic water consumption efficiency of urban areas continuously improved at the early period, then reached the stable status. By contrast, the

收稿日期: 2017-07-11; 修回日期: 2017-10-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41590841); 国家重点研发计划项目(2017YFC0505701); 中国科学院前沿项目(QYZDB-SSW-DQC034)

作者简介: 海霞(1990-), 女, 新疆阿克苏人, 硕士研究生, 研究方向为城市水资源。

通讯作者: 李伟峰(1977-), 女, 吉林长春人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为城市生态学。

rural domestic water consumption increased firstly and then reduced. Our finding highlights that it is important to comprehensively consider the relation of different cities and their surrounding areas over regional scale to substantially improve the overall water use efficiency of BTH.

**Key words:** water use efficiency; urban and rural domestic water; decoupling theories; Beijing – Tianjin – Hebei urban agglomeration

## 1 研究背景

水资源短缺和时空分布不均衡是京津冀城市群一体化发展的巨大阻力,进一步提高水资源利用效率是缓解水资源供需失衡的重要手段。21 世纪以来,随着北京、天津、唐山等经济增长极的带动和全区用水产业结构的调整,京津冀地区生活用水年均增长率为 2%,截至 2015 年底,工业、农业与生活用水比例为 14: 63: 23,生活用水占比仅次于农业用水<sup>[1]</sup>。由于城市群不均衡的发展模式,不仅不同城市之间的生活用水方式存在明显差异,而且城市及其周边地区的生活用水模式也明显不同,例如,2001 – 2015 年以来,北京、天津的服务业用水比重已超过 30%,河北各市服务业用水比例较低,邢台市最低仅 7%<sup>[1]</sup>。

各地城镇生活用水保证率、污水集中处理率与管网漏失修复率均较高,而农村还普遍存在分时段供水、无取水计量设施以及水质较差等问题<sup>[2-4]</sup>。以上现象不仅加剧了城乡生活用水供需矛盾,而且极大地影响了京津冀水资源可持续利用和城乡协同发展。因此,全面地了解城乡生活用水方式与效率的差异对于改善城乡居民生活质量、进一步提高生活用水效率以及缓解生活用水供需矛盾等具有重要意义。

近年来,国内外学者对生活用水效率的关注度不断上升。Arpke 等<sup>[5]</sup>用生活循环用水评价法(LCA)分析了生活用水效率与能耗、污水处理等因素的关系;Schuetze 等<sup>[6]</sup>运用“ESTS”智能水计量软件分析得出中水利用可以有效地降低居民生活用水量;Anwandter<sup>[7]</sup>运用 DEA 模型对墨西哥城市用水效率进行评价,并认为引入市场机制、实行用水私有制能提高生活用水效率。在国内,方诗标等<sup>[8]</sup>结合典型相关分析法探讨了影响生活用水效率的驱动因素、调控因素和评价指标,并对江苏省生活用水效率进行了全面评价;颜莹莹<sup>[9]</sup>以全国人均生活用水量为基础建立了生活用水效率指数;薛川燕<sup>[10]</sup>运用 DEA 投入产出法将生活用水与 GDP 产出相挂钩反映生活用水效率;宋岩等<sup>[11]</sup>运用模糊层次分析法确定了中水回用率、节水器具普及率等指标构建了生

活用水效率评价体系。

总体看来,当前有关城市生活用水效率的研究多数集中在城市尺度,而对城市内部城镇生活用水与农村生活效率的比较研究极少。关于研究方法,生活用水效率评价方法主要有典型相关分析法、DEA 数据包络法、AHP 层次分析法及脱钩分析方法等<sup>[7-10]</sup>。其中,脱钩分析方法与投入产出法原理相似,作为一种分析物质消耗与经济社会发展关系的评价方法,是诠释生活用水利用效率的有效途径,该方法的评判标准更直观具体。生活用水与经济社会发展实现脱钩的意义在于减轻了经济社会发展过程中对生活用水的消耗压力,即生活用水效率提高。

本文以京津冀城市群为研究案例,从城市与周边关联的角度,系统分析了京津冀城乡生活用水模式与效率的时空变化特征与规律,以期优化京津冀城市群生活用水方式、改善居民生活质量、提高生活用水效率提供科学支撑。

## 2 研究方法

### 2.1 研究区水资源概况

京津冀城市群位于我国华北地区的海河、滦河流域,包括北京市、天津市与河北省全部地级市(石家庄市、张家口市、秦皇岛市、保定市、承德市、廊坊市、唐山市、邯郸市、邢台市、沧州市、衡水市),共计 13 个城市。雨量多集中在夏季,且空间上水资源分布也极不平衡,从西北向东南逐渐减少。2001 – 2015 年人均水资源量 216.35 m<sup>3</sup>,远低于人均 500 m<sup>3</sup> 的世界水资源短缺警戒线,属极度缺水地区。此外,各地水环境破坏严重,河道断流或水污染现象普遍,水文水质条件不断恶化,人为活动对生态环境的破坏加剧了地区水资源供不应求的局面。

### 2.2 数据及其来源

本研究以京津冀城市群 13 个城市为研究单元。研究时段为 2001 – 2015 年,主要运用的指标有各市城镇人均生活用水量、农村人均生活用水量、人均 GDP 水平、人均工资水平等,指标的选取依据为人均城乡生活用水量可以较为客观地反映各地生活用水水平,而 GDP 和人均工资可基本代表城市经济发展程度和人民生活水平。本文的生活用水指广义生

活用水,包括居民生活用水和公共服务用水两部分。数据来源为历年《北京市水资源公报》、《天津市水资源公报》、《河北省水资源公报》及历年《中国城市统计年鉴》等。



图 1 京津冀城市群行政区图

2.3 研究方法

2.3.1 Tapio 脱钩理论 20 世纪末,芬兰学者 Tapio<sup>[12]</sup>在研究交通工具二氧化碳排放时,结合 OECD 脱钩理论<sup>[13]</sup>和 Vehmas 脱钩理论提出了八维脱钩方法,如表 1(即 Tapio 脱钩指数分类表)所示, Tapio 脱钩理论依据环境压力变化量与经济变化量的比值( $\Delta ES/\Delta GDP$ ),把脱钩状态分为“脱钩”“负脱钩”和“耦合”三大类,与 Vehmas 提出的六维脱钩系数相比, Tapio 的八维弹性指数将临近于 1( $\pm 0.2$ )的轻微脱钩关系视为耦合,即从“扩张性负脱钩”和“衰退型脱钩”中细分出脱钩指数变化较小的“扩张性耦合”和“衰退性耦合”状态,避免了轻微脱钩指

数变化带来的脱钩状态剧烈变化,其严谨性和可行性更强。

2.3.2 研究思路 基于 Tapio 脱钩理论,以人均生活用水量作为生活用水消耗指标,以人均 GDP 和人均工资代表地区城市化水平(即经济水平和人民生活水平),以人均生活用水量与人均 GDP、人均工资的脱钩状态作为判断生活用水效率高低的标 准,脱钩状态为“强脱钩”“弱脱钩”或“衰退性脱钩”,则生活用水效率较高,反之,“耦合”或“负脱钩”等状态表示生活用水效率较低。

2.3.3 生活用水效率评判指标 城市化水平及生活用水量年均增长率计算公式为:

$$\Delta X_w = \sqrt[n]{X_{wa}/X_{wc}} - 1 \tag{1}$$

$$\Delta X_g = \sqrt[n]{X_{ga}/X_{gc}} - 1 \tag{2}$$

式中:  $\Delta X_w$  为生活用水量的年均增长率,%;  $X_{wa}$  为生活用水量初始年份数值,  $10^8\text{ m}^3$ ;  $X_{wc}$  为生活用水量末期年份数值,  $10^8\text{ m}^3$ ;  $\Delta X_g$  为城市化水平的年均增长率,%;  $X_{ga}$  为城市化水平初始年份数值,元;  $X_{gc}$  为城市化水平末期年份数值,元;  $n$  为年限。

脱钩指数  $DI$  计算公式为:

$$DGU = \Delta WU/\Delta G \tag{3}$$

$$DGR = \Delta WR/\Delta G \tag{4}$$

$$DSU = \Delta WU/\Delta S \tag{5}$$

$$DSR = \Delta WR/\Delta S \tag{6}$$

式中:  $DGU$ 、 $DGR$ 、 $DSU$ 、 $DSR$  统称  $DI$ ,分别指城乡人均生活用水量与人均 GDP、人均工资的脱钩指数,即分别表征经济效益和社会效益角度的生活用水效率高低。 $\Delta WU$  和  $\Delta WR$  统称  $\Delta WI$ ,分别为城镇人均生活用水量的年均增长率和农村人均生活用水量的年均增长率;  $\Delta G$ 、 $\Delta S$  统称为  $\Delta XI$ ,分别指人均 GDP 的年均增长率和人均工资的年均增长率,即城市经济增长水平<sup>[14-15]</sup>和人民生活水平提高程度<sup>[8,16]</sup>。

表 1 Tapio 脱钩指数分类表

| 脱钩状态 |        | 判断标准                                           | 脱钩意义(表征生活用水效率的高低) |
|------|--------|------------------------------------------------|-------------------|
| 脱钩   | 强脱钩    | $DI < 0, \Delta XI > 0, \Delta WI < 0$         | 经济或社会效益提高,用水效率最高  |
|      | 弱脱钩    | $0.8 > DI > 0, \Delta XI > 0, \Delta WI > 0$   | 经济或社会效益提高,用水效率较高  |
|      | 衰退性脱钩  | $DI > 1.2, \Delta XI < 0, \Delta WI < 0$       | 经济或社会效益降低,用水效率较高  |
| 耦合   | 衰退性耦合  | $1.2 > DI > 0.8, \Delta XI < 0, \Delta WI < 0$ | 经济或社会效益降低,用水效率较低  |
|      | 扩张性耦合  | $1.2 > DI > 0.8, \Delta XI > 0, \Delta WI > 0$ | 经济或社会效益提高,用水效率较低  |
|      | 弱负脱钩   | $0.8 > DI > 0, \Delta XI < 0, \Delta WI < 0$   | 经济或社会效益降低,用水效率较低  |
| 负脱钩  | 扩张性负脱钩 | $DI > 1.2, \Delta XI > 0, \Delta WI > 0$       | 经济或社会效益提高,用水效率较低  |
|      | 强负脱钩   | $DI < 0, \Delta XI < 0, \Delta WI > 0$         | 经济或社会效益降低,用水效率最低  |

### 3 结果与讨论

#### 3.1 城乡生活用水量特征差异

3.1.1 城乡生活用水量规模差异 图 2、3 分别为 2001–2015 年京津冀不同城市城乡生活用水量以及人均生活用水量图。如图 2、3 所示,2001–2015 年,京津冀不同城市的城乡生活用水量平均比例约为 7:3,城乡人均生活用水量接近 3:1。北京市城乡生活用水总量以及农村人均生活用水量均最高,而承德、廊坊、唐山等市城镇人均生活用水量较高。

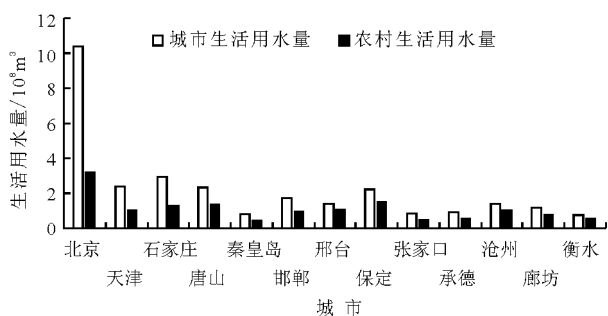


图2 2001–2015年京津冀不同城市城乡生活用水量

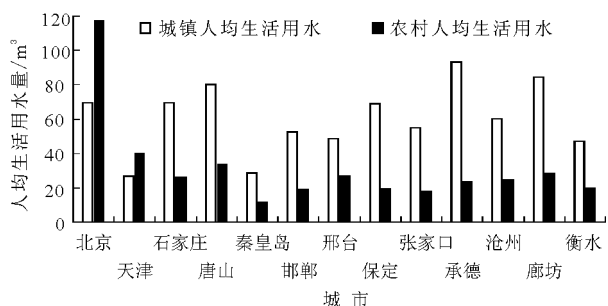


图3 2001–2015年京津冀城乡人均生活用水量

2001–2015年,城镇人均生活用水与农村人均生活用水量的差距逐渐增大,2008年后,京津冀各地城镇人均生活用水量已达到农村的两倍以上。城乡生活用水总量差异体现出城市化对生活用水的城市化聚集作用<sup>[17–18]</sup>,也体现了不同城市规模和水资源禀赋带来的用水量差异。而城镇人均生活用水量较低反映了城市化带来的人口聚集和资源紧缺的现状,也从侧面说明了城镇节水水平较高<sup>[9–11]</sup>。

3.1.2 城乡生活用水量规模变化趋势 图4为2001–2015年京津冀城乡年均生活用水量变化率趋势图。图4中2000–2015年城乡生活用水量变化率分析结果表明,城镇生活用水量除天津外均增长,而农村地区生活用水量除北京和邯郸外均降低。

城乡生活用水增长趋势差异的主要原因是:(1)由于人口城市化的作用,城镇生活用水需求高于农村;(2)农村生活用水基础设施改善,减少了农

村生活用水的浪费<sup>[18–19]</sup>。

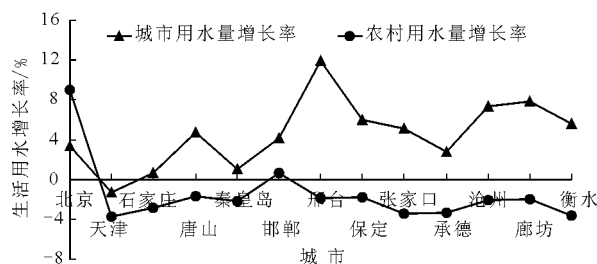


图4 2001–2015年京津冀城乡年均生活用水量变化趋势图

#### 3.2 城乡生活用水效率时空差异

3.2.1 城乡生活用水效率空间分异规律 总的来说,21世纪以来,京津冀城市群农村生活用水效率整体上高于城镇,不仅与加强节水立法对村民生活用水行为产生约束有关,而且反映了农村产业布局较少且人口流失较大,用水量增长相对较慢或负增长的特点。

表2为2001–2015年京津冀城市群各市生活用水效率均值脱钩分析表。京津冀各市生活用水效率分析结果表明,首先,除北京外,其他城市的农村生活用水与人均GDP、人均收入均呈“强脱钩”关系,用水效率高且较稳定,北京农村生活用水效率低于其他城市,一方面揭示出北京周边旅游业发展对水资源的高度依赖,另一方面反映了北京城郊人口激增和生态修复带来的用水快速增长现象。其次,城镇生活用水效率较低的为邢台、衡水市,生活用水变化与人均GDP变化均呈“扩张性耦合”,表明了随着经济发展和人民生活水平的提高,两市对生活用水的依赖也显著提高。

3.2.2 城乡生活用水效率时序变化规律 总的来说,2001–2015年,京津冀城市群农村生活用水效率整体上高于城镇,城镇生活用水效率经历了不断提高并相对稳定的过程,而农村生活用水效率则先有所提高后降低。

表3为2001–2005年京津冀城市群城乡用水效率的对比分析,其结果表明:除北京外,农村的生活用水效率高于城市。北京农村生活用水效率较低,说明由于北京城郊人口聚集,造成了用水量激增和用水浪费现状,也反映了北京市城郊改造、绿化建设等用水较多<sup>[4,20]</sup>。

表4为2006–2010年京津冀用水效率与上一时期的对比分析,分析结果表明:首先,城镇生活用水效率均有所提高,尤其表现在邢台、保定、张家口等市,邢台和保定市毗邻石家庄市,受到省会城市化发展的带动,而张家口市则与北京市的经济辐射有

较大关系<sup>[21-22]</sup>;其次农村生活用水效率稳定性略有降低,秦皇岛、邯郸、承德、沧州市农村生活用水效率由“强脱钩”状态退化为“弱脱钩”状态,用水量增长较快,用水效率降低,一方面揭示了农村自来水管网改造使得生活用水的普及率和使用率大幅提升<sup>[23]</sup>,另一方面承德和秦皇岛的旅游行业耗水是其用水量增幅较高的主要原因,而邯郸和沧州市农村生态河道改造是主要的用水去向<sup>[2]</sup>。

表 2 2001 - 2015 年京津冀城市群各市生活用水效率均值脱钩分析表

| 城市名称 | 脱钩指数  |       |       |       | 脱钩状态   |        |        |        |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|      | DGU   | DGR   | DSU   | DSR   | WU - G | WR - G | WU - S | WR - S |
| 北京市  | 0.13  | 1.23  | 0.11  | 1.06  | 弱脱钩    | 扩张性负脱钩 | 弱脱钩    | 扩张性耦合  |
| 天津市  | -0.28 | -0.16 | -0.29 | -0.17 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 石家庄市 | -0.42 | -0.20 | -0.38 | -0.18 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 唐山市  | 0.01  | -0.01 | 0.01  | -0.01 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 秦皇岛市 | -0.41 | -0.06 | -0.33 | -0.05 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 邯郸市  | 0.22  | -0.07 | 0.20  | -0.07 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 邢台市  | 0.87  | -0.28 | 0.72  | -0.23 | 扩张性耦合  | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 保定市  | -0.19 | -0.14 | -0.16 | -0.12 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 张家口市 | 0.38  | -0.31 | 0.38  | -0.30 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 承德市  | 0.05  | -0.25 | 0.06  | -0.31 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 沧州市  | 0.48  | -0.23 | 0.48  | -0.23 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 廊坊市  | 0.59  | -0.28 | 0.51  | -0.25 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 衡水市  | 0.90  | -0.44 | 0.60  | -0.29 | 扩张性耦合  | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |

表 3 2001 - 2005 年京津冀城市群各市城乡生活用水效率脱钩分析表

| 城市名称 | 脱钩指数  |       |       |       | 脱钩状态   |        |        |        |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|      | DGU   | DGR   | DSU   | DSR   | WU - G | WR - G | WU - S | WR - S |
| 北京市  | 0.15  | 3.38  | 0.15  | 3.36  | 弱脱钩    | 扩张性负脱钩 | 弱脱钩    | 扩张性负脱钩 |
| 天津市  | -0.84 | -0.34 | -0.85 | -0.34 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 石家庄市 | 0.15  | -0.70 | 0.15  | -0.71 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 唐山市  | 0.08  | -0.00 | 0.08  | -0.00 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 秦皇岛市 | -0.55 | -0.73 | -0.44 | -0.57 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 邯郸市  | 0.34  | -0.36 | 0.39  | -0.42 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 邢台市  | 4.03  | -0.24 | 3.51  | -0.21 | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    |
| 保定市  | 1.70  | -0.67 | 1.25  | -0.49 | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    |
| 张家口市 | 1.00  | -0.88 | 1.01  | -0.88 | 扩张性耦合  | 强脱钩    | 扩张性耦合  | 强脱钩    |
| 承德市  | 0.54  | -0.35 | 0.76  | -0.49 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 沧州市  | 0.90  | -0.54 | 1.16  | -0.70 | 扩张性耦合  | 强脱钩    | 扩张性耦合  | 强脱钩    |
| 廊坊市  | 2.36  | -0.62 | 1.66  | -0.43 | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    |
| 衡水市  | 3.75  | -0.76 | 3.73  | -0.76 | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    |

表 5 为 2011 - 2015 年京津冀城市群城乡生活用水效率脱钩分析结果。如表 5 所示,与过去 5 年相比,2011 - 2015 年京津冀生活用水效率城镇生活用水效率仍旧较高,但稳定性增强,而农村生活用水效率继续下滑,并主要表现在北京、唐山、秦皇岛等地农村生活用水量增长而经济、社会效益相对较低,这 3 个城市的共同特征为城市化发展带动了城市周边的服务业发展并增加了城郊基础设施服务用

水<sup>[9,24]</sup>,而北京市与唐山和秦皇岛不同点在于其城郊人口聚集导致周边居民生活用水量也大幅增加。

表 4 2006 – 2010 年京津冀城市群各市城乡生活用水效率脱钩分析表

| 城市名称 | 脱钩指数   |        |        |        | 脱钩状态   |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      | DGU    | DGR    | DSU    | DSR    | WU – G | WR – G | WU – S | WR – S |
| 北京市  | 0.51   | – 1.18 | 0.42   | – 0.97 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 天津市  | 0.31   | – 0.27 | 0.29   | – 0.25 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 石家庄市 | – 0.11 | – 0.05 | – 0.08 | – 0.03 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 唐山市  | – 0.04 | – 0.04 | – 0.04 | – 0.04 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 秦皇岛市 | 0.24   | 0.28   | 0.18   | 0.21   | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    |
| 邯郸市  | 0.34   | 0.53   | 0.23   | 0.36   | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    |
| 邢台市  | – 0.79 | – 0.54 | – 0.49 | – 0.34 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 保定市  | 0.32   | 0.05   | 0.25   | 0.04   | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    |
| 张家口市 | – 0.37 | – 0.12 | – 0.36 | – 0.11 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 承德市  | – 0.10 | 0.18   | – 0.11 | 0.18   | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    |
| 沧州市  | 0.01   | 0.04   | 0.01   | 0.03   | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    |
| 廊坊市  | – 0.04 | – 0.06 | – 0.03 | – 0.04 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 衡水市  | – 0.41 | – 0.69 | – 0.20 | – 0.34 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |

表 5 2011 – 2015 年京津冀城市群各市城乡生活用水效率脱钩分析表

| 城市名称 | 脱钩指数   |        |        |        | 脱钩状态   |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      | DGU    | DGR    | DSU    | DSR    | WU – G | WR – G | WU – S | WR – S |
| 北京市  | – 0.38 | 1.01   | – 0.25 | 0.66   | 强脱钩    | 扩张性耦合  | 强脱钩    | 弱脱钩    |
| 天津市  | – 0.59 | 0.15   | – 0.33 | 0.09   | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    |
| 石家庄市 | – 1.90 | – 0.01 | – 1.06 | – 0.01 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 唐山市  | – 0.65 | 1.62   | – 0.21 | 0.52   | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 弱脱钩    |
| 秦皇岛市 | – 2.47 | 2.27   | – 0.73 | 0.67   | 强脱钩    | 扩张性负脱钩 | 强脱钩    | 弱脱钩    |
| 邯郸市  | – 1.48 | – 0.77 | – 0.57 | – 0.29 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 邢台市  | – 1.19 | – 0.85 | – 0.76 | – 0.54 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 保定市  | – 3.18 | – 0.17 | – 2.02 | – 0.10 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 张家口市 | 0.47   | – 0.67 | 0.22   | – 0.32 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 承德市  | – 0.16 | – 0.18 | – 0.08 | – 0.09 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |
| 沧州市  | 0.55   | 0.03   | 0.28   | 0.02   | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    | 弱脱钩    |
| 廊坊市  | 0.32   | – 0.38 | 0.26   | – 0.31 | 弱脱钩    | 强脱钩    | 弱脱钩    | 强脱钩    |
| 衡水市  | – 0.69 | – 0.55 | – 0.36 | – 0.28 | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    | 强脱钩    |

4 结 论

本文首先对京津冀城市群城乡生活用水的规模、结构和变化趋势差异进行了对比研究;其次,从经济效益和社会效益角度两方面入手,对京津冀城市群城乡生活用水效率的时空差异规律进行了全面探索。

从整个城市群角度,2001 – 2015 年,京津冀城市群农村生活用水效率整体上高于城镇,城镇生活用水效率经历了不断提高并相对稳定的过程,而农村生活用水效率则先有所提高后降低。具体来说,北京市农村生活用水效率较低,衡水和邢台市城镇生活用水效率较低。综上所述,京津冀城市化发展对生活用水效率的影响存在明显的城乡差异,区域

不平衡现象也较为突出。

进一步提高京津冀城市群城乡生活用水效率的具体建议为:一方面应着眼于城乡居民家庭和公共服务生活节水,从源头上减少用水浪费<sup>[23-25]</sup>;另一方面要提高供水基础设施建设水平和用水管理水平,为高效用水提供客观保障<sup>[26]</sup>。在此基础上,应依附地区联动机制,协调配置各地区生活用水,以更好地服务于京津冀城市群一体化及资源环境协调可持续发展<sup>[27-28]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 鲍超,贺东梅.京津冀城市群水资源开发利用的时空特征与政策启示[J].地理科学进展,2017,36(1):58-67.
- [2] 贾世靖,马丽,王慧君,等.城市化进程中河北省居民生活用水分析[J].河北农业大学学报,2008,31(6):114-117.
- [3] 陆大道.京津冀城市群功能定位及协同发展[J].地理科学进展,2015,34(3):265-270.
- [4] 付慧英,刘慧生,李勇.北京市山区农村生活饮用水用水量现状及其影响因素[J].职业与健康,2010,26(23):2835-2837.
- [5] ARPKE A, HUTZLER N. Domestic water use in the united states: a life-cycle approach[J]. Journal of Industrial Ecology, 2006, 10(1-2):169-184.
- [6] SCHUETZE T, SANTIAGO - FANDINO V. Quantitative assessment of water use efficiency in urban and domestic buildings[J]. Water Resources, 2013, 5(3):1172-1193.
- [7] ANWANDTER L. Can public sectors reforms improve the efficiency of public water utilities? An empirical analysis of the water sector in Mexican using data envelopment analysis [D]. Mary land:University of Mary land, 2000.
- [8] 方诗标,贾仁甫,方诗彬,等.城市生活用水效率驱动因子及调控研究[J].人民黄河,2013,35(3):47-61.
- [9] 颜莹莹.城市水系统运行效率[D].北京:中国城市规划设计研究院,2007.
- [10] 薛川燕.黑河流域张掖段用水效率研究[D].兰州:兰州大学,2013.
- [11] 宋岩,刘群昌,江培福,等.区域用水效率评价体系研究[J].节水灌溉,2013,10(3):56-62.
- [12] TAPIO P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. Transport Policy, 2005, 12(2):137-151.
- [13] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental plessures for economic growth[R]. Paris:OECD,2002.
- [14] 蒋惠凤,张兵.江苏省水资源利用及其与经济脱钩态势评价[J].江苏农业科学,2016,44(12):616-619.
- [15] 尹艳,邹君.湖南经济发展与水资源利用关系研究[J].衡阳师范学院学报,2014,35(3):155-161.
- [16] 吴丹.中国经济发展与水资源利用脱钩态势评价与展望[J].自然资源学报,2014,29(1):46-54.
- [17] 沈大军,陈雯,罗健萍.城镇居民生活用水的计量经济学分析与应用实例[J].水利学报,2006,37(5):593-597.
- [18] 鲍超,方创琳.城市化与水资源开发利用的互动机理及调控模式[J].城市发展研究,2010,17(12):19-23+65.
- [19] 王新娜.我国城镇化进程中城市居民生活用水“浪费”的根源研究[J].干旱区资源与环境,2015,29(11):49-54.
- [20] 孙艳芝,鲁春霞,谢高地,等.北京城市发展与水资源利用关系分析[J].资源科学,2015,37(6):1124-1132.
- [21] 樊良新.渭河流域关中地区农村居民生活用水行为研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [22] 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,2007,38(s1):465-469.
- [23] 白颖,王红瑞,许新宜,等.水资源利用效率及评价方法若干问题研究[J].水利经济,2010,28(3):1-4+8.
- [24] 王崇梅.中国经济增长与能源消耗脱钩分析[J].中国人口·资源与环境,2011,20(3):35-37.
- [25] 钟太洋,黄贤金,韩立,等.资源环境领域脱钩分析研究进展[J].自然资源学报,2010,25(8):1400-1412.
- [26] 陆忠武,王鹤鸣,岳强.脱钩指数:资源消耗、废物排放与经济增长的定量表达[J].资源科学,2011,33(1):2-9.
- [27] 封志明,刘登伟.京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J].自然资源学报,2006,21(5):689-699.
- [28] 郑晓欣.我国典型城市群“城-乡”协调发展的关系及演变-以京津冀和长三角城市群为例[D].北京:中国地质大学,2016.