

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2022.02.014

南水北调东线江苏段用水结构及其时空演变

徐蕴韵¹, 吴昊², 李永泰³, 任智慧¹, 王腊春¹

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 南京财经大学经济学院, 江苏 南京 210023;
3. 江苏环保产业技术研究院股份公司, 江苏 南京 210036)

摘要:以南水北调东线江苏段沿线5个城市为研究区,运用信息熵原理和灰色关联理论,分析研究区用水结构演变及其驱动因素。结果表明:2001—2016年研究区5市中扬州市、宿迁市用水均衡度变化最大,用水结构趋向均衡;农作物种植结构、工业增加值比例和第三产业比例是影响研究区用水结构变化的主要驱动力;改善农作物种植结构、优化产业结构是实现农业水资源高效利用与城市用水结构多元化与均衡化的有效调控措施。

关键词:用水结构;驱动力;均衡度;信息熵原理;灰色关联理论;南水北调东线

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2022)02-0097-06

Water consumption structure and its temporal and spatial evolution in Jiangsu section of east route of South-to-North Water Diversion Project // XU Yunyun¹, WU Hao², LI Yongtai³, REN Zhihui¹, WANG Lachun¹ (1. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. School of Economics, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Academy of Environmental Industry and Technology Corp., Nanjing 210036, China)

Abstract: Taking five cities along the Jiangsu section of the east route of the South-to-North Water Diversion Project as the study area, the evolution of water consumption structure and its driving factors in the study area were analyzed by using the principle of information entropy and grey correlation theory. The results showed that among the five cities in the study area from 2001 to 2016, Yangzhou and Suqian changed the most in the equilibrium degree of water consumption, and the water consumption structure tended to be balanced. Crop planting structure, the proportion of industrial added value and the proportion of the tertiary industry were the main driving forces affecting the change of water consumption structure in the study area. Improving crop planting structure and optimizing industrial structure are effective control measures to realize the efficient utilization of agricultural water resources and the diversification and balance of urban water consumption structure.

Key words: water consumption structure; driving forces; equilibrium degree; principle of information entropy; grey correlation theory; east route of South-to-North Water Diversion Project

我国经济社会发展深受水资源短缺的影响。用水结构错位是导致水资源短缺问题日益严峻的重要因素,因此平衡用水结构是解决水资源短缺问题的迫切需求。用水结构通常从农业、工业和生活用水情况进行分析^[1-3],农业、工业、生活用水比例可以从侧面反映出区域的经济发展水平。一般来说,农业用水占比大侧面说明农业为主要产业,农业科技较为落后;工业用水占比大,说明工业化较为发达;生活用水占比大,说明城市化水平较高^[1]。我国水资源公报显示,2001—2016年,我国用水总量从

5 567 亿 m³增长至 6 040 亿 m³,农业用水占比由 68.70% 下降到 62.40%。近期我国年供水能力不会有过大的增长,农业用水占比将维持在 60% 以上,工业用水和生活用水占比较小,保持增长趋势。在水资源稀缺且用水情况不合理的条件下,我国学者对用水结构开展了深入研究,主要以系统分析理论、相关分析方法、灰色系统理论、模糊数学等理论和方法为基础,描述用水结构变化规律,分析用水结构变化的经济社会影响因素^[4-10]。

我国水资源在空间分布上呈现南多北少的规

基金项目:江苏省水利科技项目(2016001);南京市水务科技项目(201806);南京市留学人员科技创新项目(2020C068)

作者简介:徐蕴韵(1995—),女,硕士研究生,主要从事水资源研究。E-mail:1274629917@qq.com

通信作者:吴昊(1988—),男,讲师,博士,主要从事水资源和水环境研究。E-mail:wuhao_cx@163.com

律,南水北调工程是解决这一问题的重大工程^[11]。南水北调东线工程江苏段从扬州市江都水利枢纽开始,依托境内已有的江水北调工程,将长江水逐级北调,解决苏北地区以及山东等北方区域的缺水问题。其沿线的5个地级市:淮安市、连云港市、宿迁市、盐城市、扬州市(图1)是江苏省主要产粮区,粮食产量占全省粮食总产量的60%左右,长期以来形成以农业用水为主的用水结构。但由于各城市水资源条件、经济体量、人口规模等自身条件的不同,用水结构也呈现出不同的演变趋势。本文以南水北调东线江苏段沿线淮安市、连云港市、宿迁市、盐城市、扬州市这5个城市为研究对象,通过收集2001—2016年研究区各部门用水量,运用信息熵原理,计算用水结构均衡度时空变化情况;采用灰色关联理论,分析用水结构变化的驱动因素,以期为农业水资源高效利用与区域用水调控提供对策。

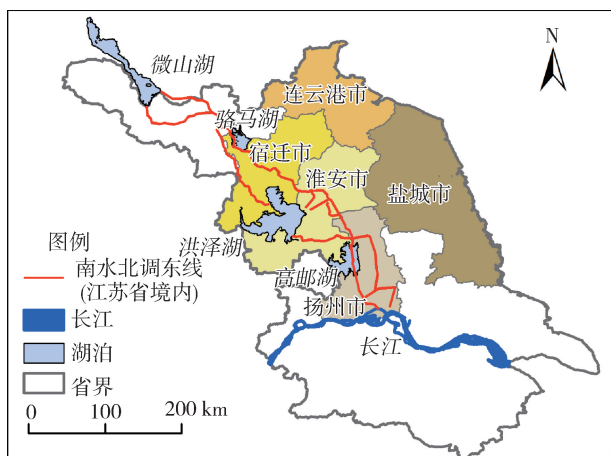


图1 研究区位置

Fig.1 Location of study area

1 研究方法

1.1 信息熵与均衡度

Shannon 借鉴了热力学概念提出了信息熵的概念,用以表征系统的不确定性、稳定程度和信息量定量情况,将信息中排除了冗余后的平均信息量称为信息熵,并给出了计算信息熵的数学表达式^[12]。我国用水结构正处于从以农业用水为主转向农业、工业、生活用水趋于均衡的多元化用水结构,因此这一阶段体现在用水结构评价中,信息熵的值越大,则表明用水量在各个用水部门分配越平均,用水结构越合理。在本次研究中,用水系统的信息熵 H 计算公式为

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中: n 为用水类型的个数; p_i 为各类用水量占总用水量的比例。

考虑不同年份不同地级市统计口径差异,用水类型个数不尽相同,导致信息熵不具备可比性,故而引入均衡度 M 进行比较:

$$M = H/H_{\max} \quad (2)$$

其中

$$H_{\max} = \ln n$$

式中 $H_{\max}$ 为最大信息熵,是用水系统内各部门用水最为均衡时的信息熵。

1.2 灰色关联分析

灰色关联分析的意义是在系统发展过程中,通过参考数列和若干比较数列集合的相似程度来判断两者的联系,若同步变化程度较高,则可以认为两者关联较大;反之,则两者关联度较小^[13-14]。由于灰色关联分析比较的是参考数列和若干比较数列的集合,而非仅仅将参考数列与比较数列单独比较,故而得出的关联性更具备系统性。灰色关联分析克服了回归分析和随机过程理论的不足,对数据要求低,计算结构较为全面、客观。

设参考序列 $X_0 = \{x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0N}\}$ 和 I 个比较序列 $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}\}$ ($i = 1, 2, \dots, I$)。参考序列中 x_{0k} 与其对应比较序列中 x_{ik} 的点关联系数 $\zeta(x_{0k}, x_{ik})$ 为

$$\zeta(x_{0k}, x_{ik}) = \frac{\min_j \min_k |x_{0k} - x_{ik}| + \rho \max_j \max_k |x_{0k} - x_{ik}|}{|x_{0k} - x_{ik}| + \rho \max_j \max_k |x_{0k} - x_{ik}|} \quad (3)$$

式中 ρ 为分辨系数,取值范围(0,1),本文取0.5。

比较序列 X_i 与参考序列 X_0 的点关联系数的灰色关联度 $\zeta(X_0, X_i)$ 为

$$\zeta(X_0, X_i) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \zeta(x_{0k}, x_{ik}) \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 用水结构时空演变

水资源量、年降水量等水资源数据主要来源于各地级市2001—2016年《水资源公报》以及相关文献^[15-17]。人口、产业结构等社会经济发展数据来源于2001—2016年《江苏省统计年鉴》。统计研究区2001—2016年的农业用水(灌溉用水、林木渔业用水)、工业用水(一般工业用水、火电工业用水)、生活用水(城镇生活用水、农村生活用水)以及生态用水共7个指标,各城市用水结构如图2所示。采用式(1)与式(2)计算用水结构信息熵与均衡度,结果如图3所示。

■ 城镇生活 ■ 农村生活 ■ 一般工业 ■ 火电工业 ■ 灌溉用水 ■ 林牧渔业 ■ 生态用水

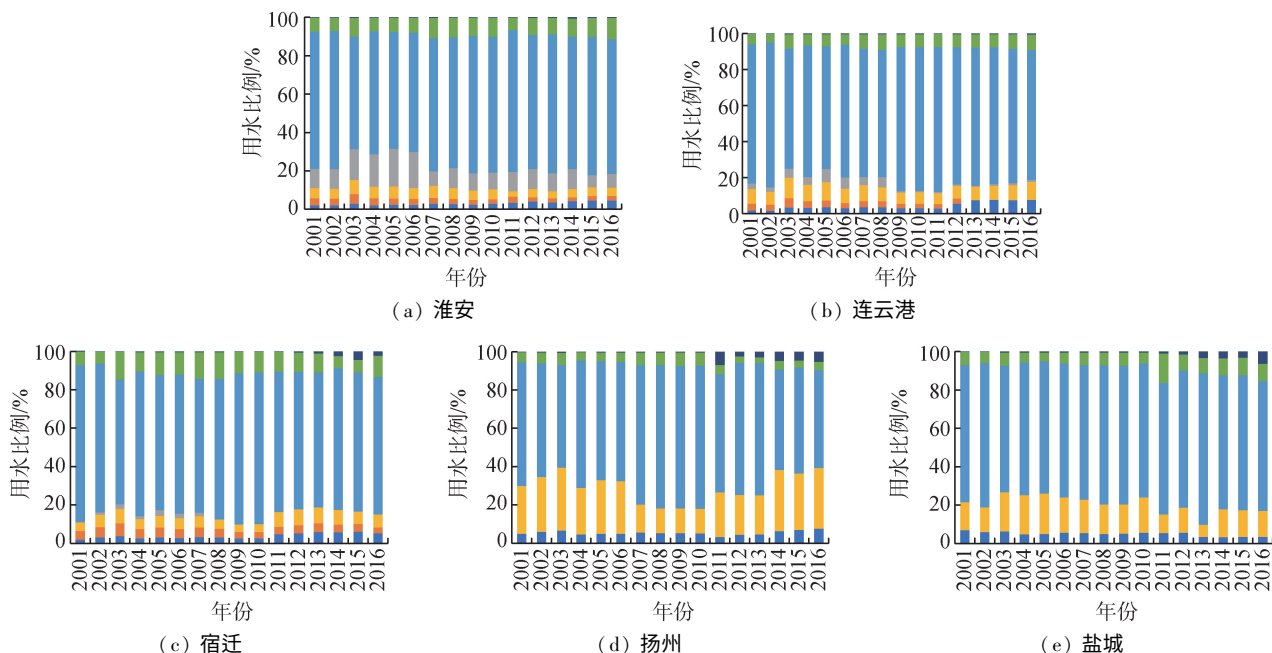


图2 2001—2016年研究区各城市用水结构变化

Fig. 2 Changing of water consumption structure in study area from 2001 to 2016

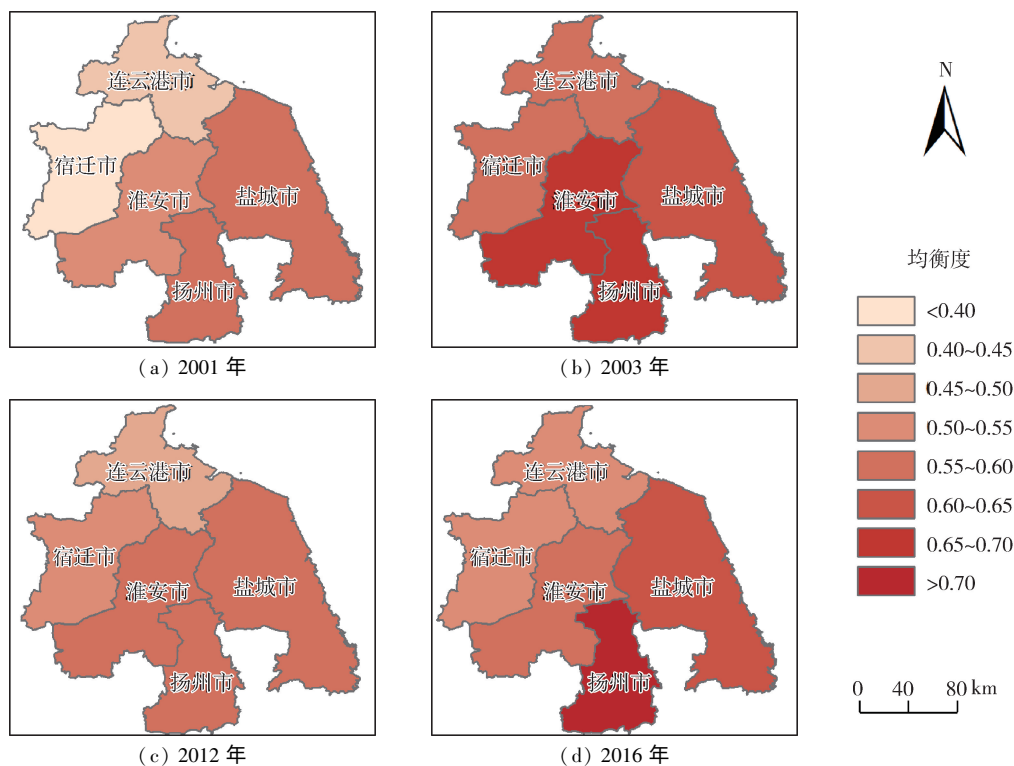


图3 研究区均衡度变化

Fig. 3 Changing of equilibrium degree in study area from 2001 to 2016

根据图2与图3反映的用水结构及其均衡度变化趋势,从时间上分析,2001—2016年研究区用水结构变化总体可以划分为3个阶段:

a. 2001—2003年,均衡度呈现明显上升趋势,平均值从0.504变为0.629。扬州市增幅最大,增加量为0.152,淮安市增幅最小,为0.019。由图2

可看出,2003年各地级市用水均衡度到达第一个峰值点。这一阶段,年平均灌溉用水量从23.09亿 m^3 降为15.34亿 m^3 ,灌溉用水比例从73.25%降为66.55%,灌溉用水所占比例较大,但呈现明显下降趋势;年平均一般工业用水量从3.67亿 m^3 增长为5.14亿 m^3 ,一般工业用水比例从11.5%增长为

13.2%,呈现明显上升趋势;城镇生活用水比例明显增大,从2001年的3.56%增长为2003年的5.77%,呈现缓慢上升趋势,农村生活用水从2001年的3.98%降为2016年的1.73%,生活用水结构变化较大。表明2001—2003年灌溉用水比例、一般工业用水比例、生活用水比例是影响用水均衡度的主要因子。

b. 2004—2012年,均衡度变化波动性较强,整体呈现轻微下降趋势,平均值从0.543变为0.538,扬州市、连云港市和宿迁市波动性较为明显,淮安市、盐城市存在相对较小波动。这一阶段,平均灌溉用水量从23.32亿m³变为27.31亿m³,灌溉用水比例从69.6%变为71.6%,总体呈现缓慢上升趋势;平均一般工业用水量从4.89亿m³变为4.64亿m³,一般工业用水比例从4.03%变为3.08%,整体呈现下降趋势;平均城镇生活用水量从1.25亿m³变为1.90亿m³,城镇生活用水比例从3.49%变为4.98%,平均农村生活用水量从0.82亿m³变为0.64亿m³,农村生活用水比例从4.03%变为3.08%,生活用水比例基本保持不变;平均生态用水量基本保持不变。表明2004—2012年5市灌溉用水比例增大、一般工业用水比例减小是用水均衡度减小、用水结构单一化的主要原因。

c. 2013—2016年,5市整体均衡度呈现上升趋势,平均值从0.521变为0.600,盐城市、扬州市上升幅度最大。这一阶段,平均灌溉用水量从28.27亿m³变为23.14亿m³,灌溉用水比例从73.3%变为66.6%,灌溉用水比例最大,但呈现明显下降趋势;平均一般工业用水量从3.87亿m³变为5.14亿m³,一般工业用水比例从9.17%变为13.16%,工业用水比例明显增大;城镇生活用水比例从4.99%变为5.77%,城镇生活用水比例增大,农村生活用水比例从2.26%变为1.73%;生态用水比例从1.67%变为3.05%,生态用水比例明显增大。表明2013—2016年5市农业用水比例减小、工业和生态用水比例增大是用水均衡度增大、用水结构多元化的主要原因。

2001—2016年各地级市按均衡度大小排序可以发现,扬州市、盐城市、淮安市3个城市的用水结构均衡度水平较高,连云港市、宿迁市的用水结构均衡度水平较低。根据用水结构均衡度的变化程度,可将各地级市分为3类:①扬州市和宿迁市2001—2016年均均衡度分别提高了0.152和0.143,是用水结构向均衡化发展最为明显的两个城市,用水结构逐渐趋向多元化和均衡化;②盐城市和连云港市2001—2016年均均衡度分别提高了0.085和0.081,

是用水结构向均衡化发展较为明显的两个城市;③淮安市2001—2016年均均衡度提高了0.019,用水结构多元化和均衡化提升不明显。

2.2 用水结构驱动力分析

区域用水结构受社会经济条件的影响,直接取决于经济水平与结构、人口总量与构成以及各行业节水水平,驱动因素包括产业结构的调整、长期人口演变规律、技术进步趋势等。通过比较筛选与用水结构相关的社会经济统计数据,选取年降水量、农作物种植结构(粮食作物面积与总播种面积比值)、工业增加值比例(工业增加值与GDP比值)、第三产业增加值比例(第三产业增加值与GDP比值)和人均日生活用水量等5个指标作为分析用水结构变化的影响因素,其中年降水量反映农业气候条件,农作物种植结构反映粮食作物种植规模,工业增加值比例反映工业经济规模,第三产业增加值比例反映第三产业经济规模,人均日生活用水量反映城市用水水平,基本覆盖了气候条件、经济产业结构、城市用水水平等方面,具有较强的代表性。根据关联度数值大小,可分为弱关联、中等关联、强关联3类,关联度0~0.35属于弱关联,0.35~0.7属于中等关联,0.7~1属于强关联。各指标与用水结构均衡度的灰色关联度,计算结果如表1所示。本文所选5个驱动力因子与均衡度关联性较大,均在0.35以上,属于中等关联和强关联。

表1 用水结构与驱动力因子的灰色关联度

Table 1 Grey correlation analysis between water consumption structure and driving forces

地级市	年降水量	农作物种植结构	工业增加值比例	第三产业增加值比例	人均日生活用水量
淮安	0.630	0.751*	0.744*	0.705*	0.639
连云港	0.677	0.768*	0.741*	0.713*	0.491
宿迁	0.438	0.717*	0.804*	0.788*	0.725*
盐城	0.670	0.840*	0.788*	0.818*	0.550
扬州	0.638	0.728*	0.678	0.799*	0.684

注: * 表示为强关联。

为准确区分用水结构驱动力因子在空间上的分类特征,以表1中5个城市为聚类对象,运用组间连接法进行层次聚类分析,得到的相似矩阵如表2所示,值越大说明两个城市的相似度越高。结果表明,研究区各地级市可划分为3类:第一类扬州市,第二类宿迁市,第三类淮安、连云港和盐城市。

第一类:扬州市地处苏中地带,属于研究区中经济最为发达的城市,第三产业发展占据主导地位。从用水情况来看,农业用水比例占据约50%,处于研究区5个城市的最低水平,用水结构的均衡度最高。从用水结构变化的驱动力来看,农作物种植结构和第三产业增加值比例是扬州市用水结构变化的

表 2 聚类相似矩阵

Table 2 Clustering similarity matrix

城市	淮安	连云港	宿迁	盐城	扬州
淮安	1.000				
连云港	0.763	1.000			
宿迁	0.664	0.105	1.000		
盐城	0.864	0.943	0.373	1.000	
扬州	0.460	0.287	0.629	0.572	1.000

主要驱动因素。第二类:宿迁市位于江苏省北部,从产业结构上看,工业与第三产业占主导地位,2016年工业增加值比例与第三产业增加值比例分别为39.81%与41.55%,且增幅较大,2001—2016年累积增加12.40%与13.61%。而农业用水比例较高,保持在75%以上(2016年为77.80%),远高于工业用水与生活用水比例(2016年分别为6.39%,7.81%),用水结构的均衡度最低。农作物种植结构、工业增加值比例、第三产业增加值比例和人均日生活用水量均是宿迁市用水结构变化的主要驱动因素,其中工业增加值比例的影响最为明显。第三类:淮安市、连云港市和盐城市的工业与第三产业占主导地位,工业略高于第三产业,与宿迁市相比工业与第三产业比例较大,但增幅较小。从用水情况来看,农业用水比例较高,2016年淮安市、连云港市和盐城市农业用水比例分别为78.05%、78.83%、79.93%,远高于工业用水与生活用水比例(2016年3个城市分别为11.18%和6.62%、10.83%和7.50%、13.86%和3.61%),用水结构的均衡度介于扬州市和宿迁市之间。农作物种植结构、工业增加值比例、第三产业增加值比例是3个城市用水结构变化的主要驱动因素,其中农作物种植结构的影响最为明显。

随着工业与第三产业在经济中的比例不断提高,研究区以农业用水为主的单一用水结构有所改善,用水特征更趋向于多元化与均衡化,但主要的驱动因素仍存在空间差异。农作物种植结构和第三产业产业比例是研究区用水结构演变共同驱动因素;淮安市、连云港市和盐城市用水结构变化的共同驱动因素还包括工业增加值比例;人均日生活用水量对宿迁市用水结构变化也有强关联的影响。

年降水量和农作物结构与农业用水均有直接联系。前者可以表征农业用水自然驱动力,后者为粮食作物耕种面积与总耕地面积的比例,粮食作物相比经济作物更为耗水,需水量更大,可以表征人工驱动力。由用水结构驱动力因子的灰色关联度分析结果可知,年降水量对研究区用水结构变化的影响未达到强关联水平。这说明自然条件对农业用水影响较小,而人工种植方式成为农业用水的主要影响因

素。研究区为南水北调东线江苏段工程所在地,农业灌溉工程与设施较为先进,因此大大降低了农业用水对降水等自然条件的依赖。

工业增加值比例与工业用水有直接联系,第三产业增加值比例和人均日生活用水量与生活用水有直接联系。从表1中可以看出,工业增加值比例和第三产业增加值比例与研究区各城市的用水结构变化均有较高的关联度。这表明以工业和第三产业为主导的产业规模不断增长,尤其是第三产业已成为拉动城市经济增长的主要产业,用水需求不断提高,同时促使城市工业用水和生活用水比例不断提高,用水结构趋向均衡化。此外,人均日生活用水量对研究区用水结构的影响较小,仅在宿迁市达到强关联水平。2001—2016年宿迁市常住人口增加80.76万人,增幅达15.81%。随着城市化发展与人口持续增长,生活用水呈现上升趋势,这也表明宿迁市城市生活节水潜力较大,节水水平可以进一步提高。

3 结 论

a. 2001—2016年研究区用水结构信息熵与均衡度总体呈现增加趋势,表明用水结构趋向多元化和均衡化。从空间角度看,用水均衡度总体呈现从南向北递减的特征。扬州市用水结构均衡度最高,盐城市、淮安市、连云港市均衡度依次减小,宿迁市均衡度最小。从均衡度变化程度来看,扬州市、宿迁市均衡度增幅最大,分别增加0.152和0.143,用水结构变化最明显,其次为盐城市和连云港市,均衡度分别增加0.085和0.081,淮安市用水结构变化最小,均衡度仅增加0.019。

b. 农作物种植结构和第三产业产业比例是研究区用水结构变化的共同驱动因素,而其他驱动因素存在空间差异;淮安市、连云港市和盐城市用水结构变化的共同驱动因素还包括工业增加值比例;人均日生活用水量对宿迁市用水结构变化也有强关联的影响。年降水量对研究区用水结构变化没有显著的影响,表明自然条件对农业用水影响较小。

c. 南水北调东线江苏段沿线城市的用水特征目前仍以农业灌溉用水为主。研究区农业灌溉工程与设施较为先进,降低了农业用水对降水等自然条件的依赖。因此不断提高农业灌溉技术水平,优化农作物种植结构,是农业用水高效利用的重要措施。另一方面,随着城市经济的快速发展与产业结构的优化,研究区5个城市的用水结构逐渐趋向多元化和均衡化。因此不断调整产业结构,仍是优化城市用水结构的主要策略。

参考文献:

- [1] 吴普特,冯浩,牛文全,等. 中国用水结构发展态势与节水对策分析[J]. 农业工程学报, 2003(1): 1-6. (WU Pute, FENG Hao, NIU Wenquan, et al. Analysis of developmental tendency of water distribution and water-saving strategies[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003(1): 1-6. (in Chinese))
- [2] 张兵兵. 中国用水结构优化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [3] 袁宝招. 水资源需求驱动因素及其调控研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [4] 吴昊, 华骅, 王腊春, 等. 区域用水结构演变及驱动力分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 477-484. (WU Hao, HUA Hua, WANG Lachun, et al. Analysis of change and driving forces of regional water consumption structure[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2016, 44(6): 477-484. (in Chinese))
- [5] 吴孝情, 陈晓宏, 何艳虎. 东江流域用水结构演变特征及其成因分析[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(6): 32-37. (WU Xiaoping, CHEN Xiaohong, HE Yanhu. Evolution characteristics and causes analysis of water structure in Dongjiang River Basin[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(6): 32-37. (in Chinese))
- [6] 张陈俊, 赵存学, 林琳, 等. 长江三角洲地区用水量时空差异的驱动效应研究[J]. 资源科学, 2018, 40(1): 89-103. (ZHANG Chenjun, ZHAO Cunxue, LIN Lin, et al. Driving effect of spatial-temporal differences in water consumption in the Yangtze River Delta[J]. Resources Science, 2018, 40(1): 89-103. (in Chinese))
- [7] 焦士兴, 王腊春, 李静, 等. 基于生态位及其熵值模型的用水结构研究: 以河南省安阳市为例[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2248-2254. (JIAO Shixing, WANG Lachun, LI Jing, et al. Water consumption structure based on the Niche and its entropy model: a case study of Anyang City, Henan Province[J]. Resources Science, 2011, 33(12): 2248-2254. (in Chinese))
- [8] 焦士兴, 李青云, 王安周, 等. 基于生态位的安阳市用水结构与产业结构动态演化分析[J]. 水资源保护, 2021, 37(1): 79-85. (JIAO Shixing, LI Qingyun, WANG Anzhou, et al. Dynamic evolution analysis of water consumption structure and industrial structure based on niche in Anyang City[J]. Water Resources Protection, 2021, 37(1): 79-85. (in Chinese))
- [9] 范嘉伟, 黄锦林, 袁明道, 等. 广州市用水结构空间均衡差异性分析[J]. 水资源保护, 2020, 36(4): 82-86. (FAN Jiawei, HUANG Jinlin, YUAN Mingdao, et al. Analysis of spatial equilibrium of water consumption structure in Guangzhou City[J]. Water Resources Protection, 2020, 36(4): 82-86. (in Chinese))
- [10] 刘建华, 黄亮朝. 黄河下游水资源利用与高质量发展关联评估[J]. 水资源保护, 2020, 36(5): 24-30. (LIU Jianhua, HUANG Liangchao. Evaluation of correlation between water resources utilization and high-quality development in the lower reaches of the Yellow River[J]. Water Resources Protection, 2020, 36(5): 24-30. (in Chinese))
- [11] 方国华, 郭玉雪, 闻昕, 等. 改进的多目标量子遗传算法在南水北调东线工程江苏段水资源优化调度中的应用[J]. 水资源保护, 2018, 34(2): 34-41. (FANG Guohua, GUO Yuxue, WEN Xin, et al. Application of improved multi-objective quantum genetic algorithm on water resources optimal operation of Jiangsu Section of South-to-North Water Transfer East Route Project[J]. Water Resources Protection, 2018, 34(2): 34-41. (in Chinese))
- [12] 王栋, 朱元蚌. 信息熵在水系统中的应用研究综述[J]. 水文, 2001(2): 9-14. (WANG Dong, ZHU Yuanshen. Informational entropy and the state-of-the-art of its application in hydrology, water resources and water environment[J]. Journal of China Hydrology, 2001(2): 9-14. (in Chinese))
- [13] 黄耀裔. 基于灰色关联度变权法的浅层地下水环境质量综合评价[J]. 节水灌溉, 2015(1): 43-47. (HUANG Yaoyi. Shallow groundwater environment quality evaluation based on gray correlation degree variable weight method[J]. Water Saving Irrigation, 2015(1): 43-47. (in Chinese))
- [14] 池静静, 陈彬. 基于TOPSIS的灰色关联法在水资源安全评价中的应用研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(2): 155-159. (CHI Jingjing, CHEN Bin. Application of TOPSIS based grey correlation analysis in integrated water resource security evaluation[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2009, 29(2): 155-159. (in Chinese))
- [15] 谷学明, 王远, 赵卉卉, 等. 江苏省水资源利用与经济增长关系研究[J]. 中国环境科学, 2012, 32(2): 351-358. (GU Xueming, WANG Yuan, ZHAO Huihui, et al. Linking between water resources utilization and economic growth in Jiangsu Province[J]. China Environmental Science, 2012, 32(2): 351-358. (in Chinese))
- [16] 李鑫. 扬州市水资源供需现状分析[J]. 水利发展研究, 2014, 14(9): 69-71. (LI Xin. Analysis on supply and demand of water resources in Yangzhou[J]. Water Resources Development Research, 2014, 14(9): 69-71. (in Chinese))
- [17] 郑军田, 陈红卫. 基于总量控制的盐城农业用水管理策略研究[J]. 江苏水利, 2014(7): 10-12. (ZHENG Juntian, CHEN Hongwei. Analysis of Yancheng agricultural water management strategy based on total amount control[J]. Jiangsu Water Resources, 2014(7): 10-12. (in Chinese))

(收稿日期: 2020-10-07 编辑: 王芳)