

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtq.2019.0028

刘洋,李丽娟. 京津冀地区产业结构和用水结构变动关系[J]. 南水北调与水利科技, 2019, 17(2): 01-09. LIU Y, LI L J. The relationship between industrial structure and water consumption structure in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(2): 01-09. (in Chinese)

京津冀地区产业结构和用水结构变动关系

刘洋^{1,2}, 李丽娟¹

- (1. 中国科学院 地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049)

摘要:水资源对社会经济发展至关重要。研究产业结构和用水结构变动关系,揭示经济发展与水资源利用的内在联系,对缺水地区水资源进行合理配置,特别是对处于特殊战略地位的京津冀地区具有重要意义。利用2002—2016年北京市、天津市、河北省产业结构及用水结构数据,采用产业结构与用水结构协调度等指标对京津冀地区产业结构与用水结构的演变趋势进行了评价,并基于成分数据的线性回归方法建立了京津冀地区产业结构与用水结构的线性回归模型,进一步研究产业结构与用水结构的相关关系,结果表明:北京市第三产业增加值比重与第三产业用水比重高度相关,河北省第二产业增加值比重与第二产业用水比重之间也表现出较强的相关性。

关键词:产业结构;用水结构;指标评价;成分数据线性回归模型

中图分类号:TV213 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The relationship between industrial structure and water consumption structure in Beijing-Tianjin-Hebei region

LIU Yang^{1,2}, LI Lijuan¹

- (1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Water resources are of vital importance to social and economic development. The relationship between industrial structure and water consumed structure, revealing the link between economic development and water resources utilization and allocating water resources rationally, is of great significance to the Beijing-Tianjin-Hebei region from strategic point of view. In this paper, we used the industrial structure and water consumed structure data from Beijing, Tianjin and Hebei Province during 2002 to 2016, and the indicators, such as, the coordination degree of industrial structure and water consumed structure, to investigate the evolution trends of industrial structure and water consumed structure in Beijing-Tianjin-Hebei region. The linear regression method based on the component data was also used to establish a linear regression model between industrial structure and water consumption structure. The results showed that the proportion of the added value of the tertiary industry in Beijing was highly related to the proportion of water consumption of the tertiary industry. The proportion of the added value of the secondary industry in Hebei Province and the proportion of water consumed in the secondary industry also showed a strong correlation.

Key words: industrial structure; water consumed structure; evaluation of indicators; PLS regression

收稿日期: 2018-10-28 修回日期: 2019-01-25 网络出版时间: 2019-03-05

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.tv.20190302.1016.002.html>

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0401402)

作者简介: 刘洋(1993—), 女, 山东青岛人, 在读博士研究生, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: liuyang.16b@igsrr.ac.cn

通信作者: 李丽娟(1961—), 女, 吉林吉林人, 研究员, 博士生导师, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: lilj@igsrr.ac.cn

水资源与能源、环境已经成为影响我国经济社会可持续发展的三大制约性因子^[1]。由于京津冀地区长期承载着巨大的经济社会功能,水资源合理利用显得尤为重要,而水资源过度开发利用已经引发一系列的生态环境问题。经济发展格局和生活方式的变化会对水资源需求产生巨大影响,不同产业部门的用水规律存在明显差异,因此研究区域产业结构和用水结构之间的变动关系,揭示经济发展与水资源利用的内在联系,对区域水资源合理配置及经济可持续发展具有重要意义。已有学者对产业结构和用水结构的关系进行了研究,研究内容主要集中在:(1)产业结构和用水结构的相关性^[2-5],如雷社平等^[2]运用相关分析的理论和系统方法研究了北京市产业结构调整与水资源需求变化之间的相关关系,刘晓霞等^[4]运用协整理论和 Granger 因果关系研究了山西省用水结构与产业结构变动关系。(2)产业结构和用水结构的协调性^[6-9],如袁绍军等^[7]建立了评价城市产业结构偏向高耗水产业程度的方法。(3)产业用水结构变化的驱动力^[10-12],如孙才志等^[12]基于拓展的 Kaya 恒等式建立因素分解模型,应用 LMDI 分解方法分析中国产业用水变化的驱动效应。(4)用水结构的模型预测^[13-14],如章平等^[14]建立了产业结构演进中的用水需求对数模型,实现用水需求的短期预测。

当前对产业结构和用水结构的研究涉及全国、省、市层面,但对京津冀地区产业结构和用水结构关系的研究较少,对北京市、天津市及河北省用水规律的对比研究也有待完善。本文拟结合前人的研究经验,选择产业结构与用水结构协调度等指标反映对 2002—2016 年京津冀地区产业结构和用水结构的协调性,并基于成分数据的线性回归方法建立京津冀地区用水结构与产业结构之间的线性回归模型,据此研究产业结构和用水结构的相关性,对比京津冀三地产业用水差异,为京津冀地区水资源合理配置及产业结构调整提供理论支持。

1 研究方法数据来源

1.1 产业结构与用水结构协调度

在衡量用水效率时,常用单位产出用水量等指标,但是这类指标没有考虑区域产业结构及用水结构等信息,无法对区域间用水特征进行全面的比较。为了定量描述产业结构和用水结构的用水效率特征以及两者之间的协调程度,引入产业结构偏水度、用水结构粗放度及产业结构与用水结构协调度的概念。产业结构偏水度是指一个城市或地区,其产业

结构偏向单位产出耗水量多的产业的程度^[7],用水结构粗放度则是指用水结构偏向用水效率较低产业的程度^[8],计算公式为

$$P = \frac{N \times E - \sum_{i=1}^N E_i \times i}{(N-1) \times E} \quad (1)$$

$$C = \frac{N \times W - \sum_{i=1}^N W_i \times i}{(N-1) \times W} \quad (2)$$

式中: i 为产业部门按单位产出耗水量从大到小排列的位置值; E_i 为第 i 产业部门增加值; N 为产业部门总数; E 为地区生产总值; W_i 为第 i 产业部门的用水量; W 为用水总量; P 为产业结构偏水度; C 为用水结构粗放度,其物理意义分别是以产出比例或用水比例为权重,求出产业部门的平均位置。 $0 < P < 1, 0 < C < 1, P, C$ 越靠近 1 表明区域产业结构或用水结构越偏向用水效率较低产业方向, P, C 越靠近 0 表明区域产业结构或用水结构越偏向用水效率较高的产业方向。

产业结构偏水度和用水结构粗放度分别描述了区域产业结构和用水结构的用水效率特征,结合两项指标,利用产业结构与用水结构协调度^[9],定量描述区域产业结构与用水结构的协调性。计算公式为

$$H = 1 - \sqrt{PC} \quad (3)$$

式中: H 为产业结构与用水结构协调度。 H 越大,表明产业结构和用水结构越协调。

1.2 成分数据的线性回归模型

成分数据在各领域的数据分析中具有广泛的应用,产业结构及用水结构数据即属于成分数据,其数学描述如式(4)。成分数据具有定和限制,使得标准的统计方法无法直接应用于成分数据的分析和预测。王惠文等^[15]结合对称的 Logratio 变化与偏最小二乘回归方法,提出一种成分数据回归建模的方法,并将其运用于北京市产业就业需求预测。云逸等^[3]将该方法引入用水结构和产业结构相关关系的研究。

设成分数据 X ,

$$X = \{(x_1, x_2, \dots, x_p)' \in R^p \mid \sum_{j=1}^p x_j = 1, 0 < x_j < 1\} \quad (4)$$

对其进行对称 Logratio 变换

$$v_i = \ln \frac{x_j}{\sqrt{\prod_{i=1}^p x_i}}, j=1, 2, \dots, p \quad (5)$$

记 $V = (v_1, v_2, \dots, v_p)'$, 显然有 $v_j \in (-\infty, +\infty), j=1, 2, \dots, p$ 。Logratio 变换可以克服成分数据的定和约束,部分消除成分间的完全相关

性^[16],由于进行了对数变换,因而有可能把非线性问题线性化^[15]。可以通过对称 Logratio 变换的反变换计算 $V=(v_1, v_2, \dots, v_p)'$ 相应的成分数据 $X=(x_1, x_2, \dots, x_p)'$ 。

对称 Logratio 变换的反变换公式为

$$w_j = v_j - v_p, j=1, 2, \dots, p-1 \quad (6)$$

$$x_j = \left\{ \frac{e^{w_j}}{1 + \sum_{i=1}^{p-1} e^{w_i}} \right\}, j=1, 2, \dots, p-1 \quad (7)$$

$$x_p = \left\{ \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{p-1} e^{w_i}} \right\} \quad (8)$$

偏最小二乘回归(PLS 回归)是一种多元回归建模方法,用于查找两个矩阵的基本关系,它可以有效克服自变量集合存在严重多重相关性、样本点容量较少等问题,实现多个因变量对多个自变量的回归分析。当自变量和因变量都是成分数据的时候,结合对称 Logratio 变换和偏最小二乘回归进行线性回归建模,对两个成分数据进行相关分析,并实现短期预测。主要步骤为

(1)对自变量 $X=(x_1, x_2, \dots, x_p)'$ 和因变量 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_p)'$ 分别进行对称 Logratio 变换,变换后的自变量记作 $V=(v_1, v_2, \dots, v_p)'$,因变量记作 $U=(u_1, u_2, \dots, u_p)'$ 。

(2)采用偏最小二乘回归方法对变换后的自变量和因变量进行建模,偏最小二乘法计算原理参见文献^[15]。

(3)利用偏最小二乘回归模型进行预测,对自变量值 $X^{(0)}=(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_p^{(0)})'$ 进行 Logratio 变换得到 $V^{(0)}=(v_1^{(0)}, v_2^{(0)}, \dots, v_p^{(0)})'$,求得因变量预测值 $U^{(0)}=(u_1^{(0)}, u_2^{(0)}, \dots, u_p^{(0)})'$,再利用对称 Logratio 变换反变换公式,得到成分数据预测值 $Y^{(0)}=(y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_p^{(0)})'$ 。

1.3 研究区域与数据来源

研究区域涉及北京市、天津市及河北省,旨在对三地产业结构和用水结构的变动关系进行比较,故将三地作为三个单元分别进行研究。研究时段为 2002—2016 年,共计 15 年。2002—2016 年京津冀地区产业经济数据来源于《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省经济年鉴》。京津冀地区用水数据来源于《中国水资源公报》及《中国城市建设统计年鉴》。由于《中国水资源公报》中的用水数据是按照农业、工业、生活及生态四个用水部门进行统计,没有与三次产业相对应的产业用水数据。因此,已有对产业用水的研究中,多直接研究三次产业结构与农业、工业、生活部门用水结构之间的关系,或

将农业用水作为第一产业用水,工业用水作为第二产业用水,将生活用水与居民生活用水量估计值之差作为第三产业用水^[17],这两种方式一定程度上低估了第三产业的用水效率。本文将农业用水作为第一产业用水,工业用水作为第二产业用水,根据统计指标解释,将《中国城市建设统计年鉴》城市供水中的“公共服务用水”与“其他用水”之和作为第三产业用水进行研究。在进行产业结构和用水结构关系的分析时,利用年度三次产业增加值占地区生产总值的比重衡量产业结构,相应的,利用三次产业用水量占产业用水总量的比重衡量用水结构。

2 产业结构与用水结构演变情况

2.1 产业结构与用水结构演变总体趋势

将北京市、天津市及河北省 2002—2016 年产业结构数据及用水结构数据绘制于同一图中(图 1),分别用实线表示产业用水比重,用虚线表示产业增加值比重,比较三地产业结构与用水结构之间总体发展趋势。

在产业演进过程中,京津冀三地产业结构不断优化,向着高级化的方向发展,具体表现为一二产业增加值比重的降低,第三产业增加值比重的提高,三地发展速度与发展过程存在明显不同^[18]。将产业增加值比重与用水比重比较可以反映区域该产业相对于其他产业的用水效率情况,产业增加值比重高于用水比重表明与该产业以较低的用水量创造了较高的产值,即产业用水效率较高,有更强的发展潜力,并且差距越大表明用水效率越高;反之,产业增加值比重低于用水比重则表明该产业用水效率较其他产业低。产业结构与用水结构随时间的变化,可以反映区域产业用水效率的变化。北京市产业结构与用水结构演变趋势较为一致。2002—2016 年北京市产业结构呈现“三二一”模式,第三产业增加值比重呈上升趋势,相应的用水比重呈上升趋势,于 2010 年超过第二产业用水比重,2016 年超过第一产业用水比重;第二产业增加值比重呈缓慢下降趋势,用水比重也缓慢下降;第一产业增加值比重呈缓慢下降趋势,用水比重下降。第一产业用水比重高于增加值比重,第三产业增加值比重高于用水比重,2006 年以来,第二产业用水比重高于增加值比重。天津市产业结构 2002—2013 年呈“三二一”模式,2014—2016 年呈“三二一”模式,用水结构呈现“一二三”模式,第一产业用水比重呈先上升后下降趋势,第二产业则相反。第一产业用水比重远高于增加值比重,二三产业增加值比重高于用水比重。河

北省用水结构较为平稳,2002—2016 年产业结构呈“二三一”模式,用水结构呈现“一二三”模式,第一产

业用水比重远高于增加值比重,二三产业增加值比重高于用水比重。

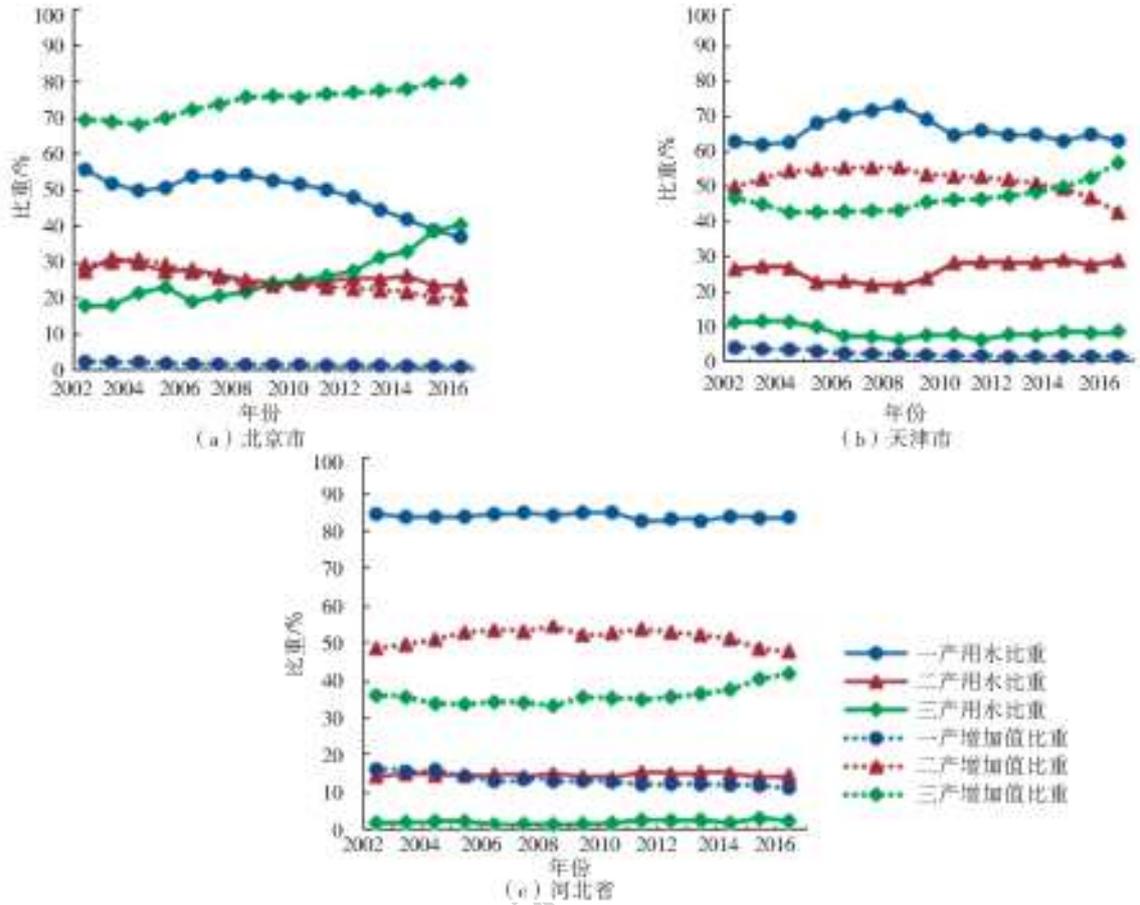


图 1 京津冀地区产业结构和用水结构演变趋势

Fig. 1 Evolution of industrial structure and water consumption structure in Beijing-Tianjin-Hebei region

2.2 产业结构与用水结构协调性分析

分别计算 2002—2016 年北京市、天津市、河北省的产业结构偏水度、用水结构粗放度及产业结构与用水结构协调度三个指标,计算结果见图 2。2002—2006 年产业结构偏水度计算结果为:0 < 北京市 < 天津市 < 河北省 < 0.5,表明区域产业结构对用水效率较低产业的偏向程度:河北省 > 天津市 > 北京市,即从产业结构角度考虑,河北省用水效率最

低,天津市次之,北京市最高。同时产业结构偏水度呈降低趋势,表明三地用水效率呈不断提高的趋势,这与产业结构的不断优化有关。用水结构粗放度计算结果与产业结构偏水度一致:0.4 < 北京市 < 天津市 < 河北省 < 1.0,表明区域用水结构对用水效率较低产业的偏向程度:河北省 > 天津市 > 北京市,即从用水结构角度考虑,河北省用水效率最低,天津市次之,北京市最高。北京市用水结

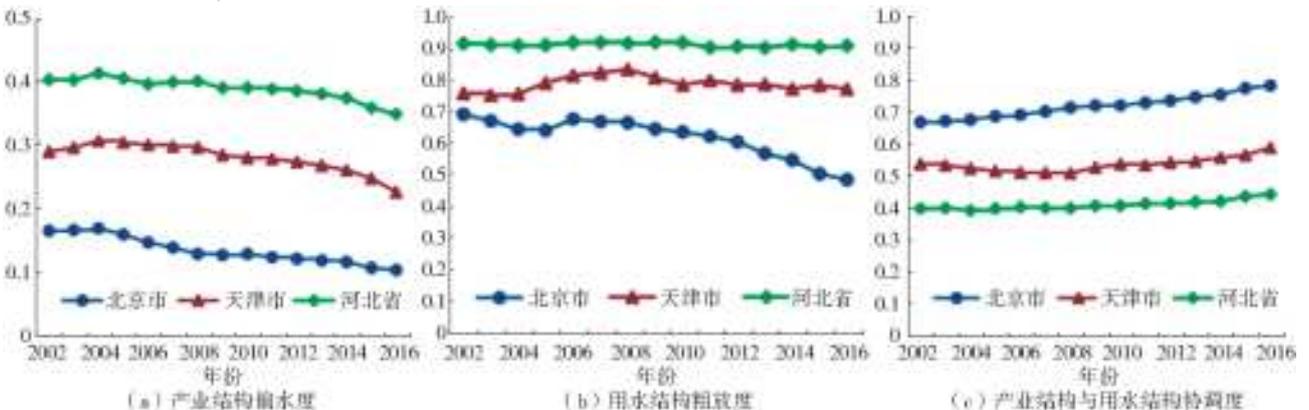


图 2 京津冀地区产业结构与用水结构协调性

Fig. 2 Coordination of industrial structure and water consumption structure in Beijing-Tianjin-Hebei region

构粗放度呈明显降低趋势,河北省与天津市没有明显变化趋势,表明北京的用水结构不断优化。用水结构粗放度高于产业结构偏水度,这与三次产业之间巨大的用水效率差异有关。结合产业结构偏水度和用水结构粗放度两个指标计算得到产业结构与用水结构协调度,结果表明,北京市协调程度最高,天津市次之,河北省最低,且三地协调度均呈上升趋势,表明产业结构与用水结构越来越协调。

2.3 产业用水效率变化

用水效率方面,2002—2016年北京市、天津市、河北省三次产业万元增加值用水量及万元GDP用水量见图2,其数值越小,表明用水效率越高。总体来看,2002—2016年京津冀三地三次产业及GDP的用水效率均大幅提高。第一产业方面,2004—

2016年京津冀三地中河北省的用水效率最高,2016年北京市、天津市、河北省第一产业用水效率分别为462.2、544.9、366.5 m³/万元。第二产业方面,2002—2016年天津市用水效率最高,北京市次之,河北省最低,2016年北京市、天津市、河北省第二产业用水效率分别为7.7、7.3、14.4 m³/万元。第三产业方面,2002—2016年天津市用水效率提高速度最快,河北省次之,北京市用水效率提高较慢,2010年后天津市第三产业用水效率高于北京市和河北省,2016年北京市、天津市、河北省的用水效率分别为3.2、1.6、2.4 m³/万元。从数值上可以看出,三次产业的用水效率差距很大。GDP方面,北京市用水效率最高,天津市次之,河北省最低,2016年北京市、天津市、河北省的用水效率分别为6.4、10.7、47.7 m³/万元。

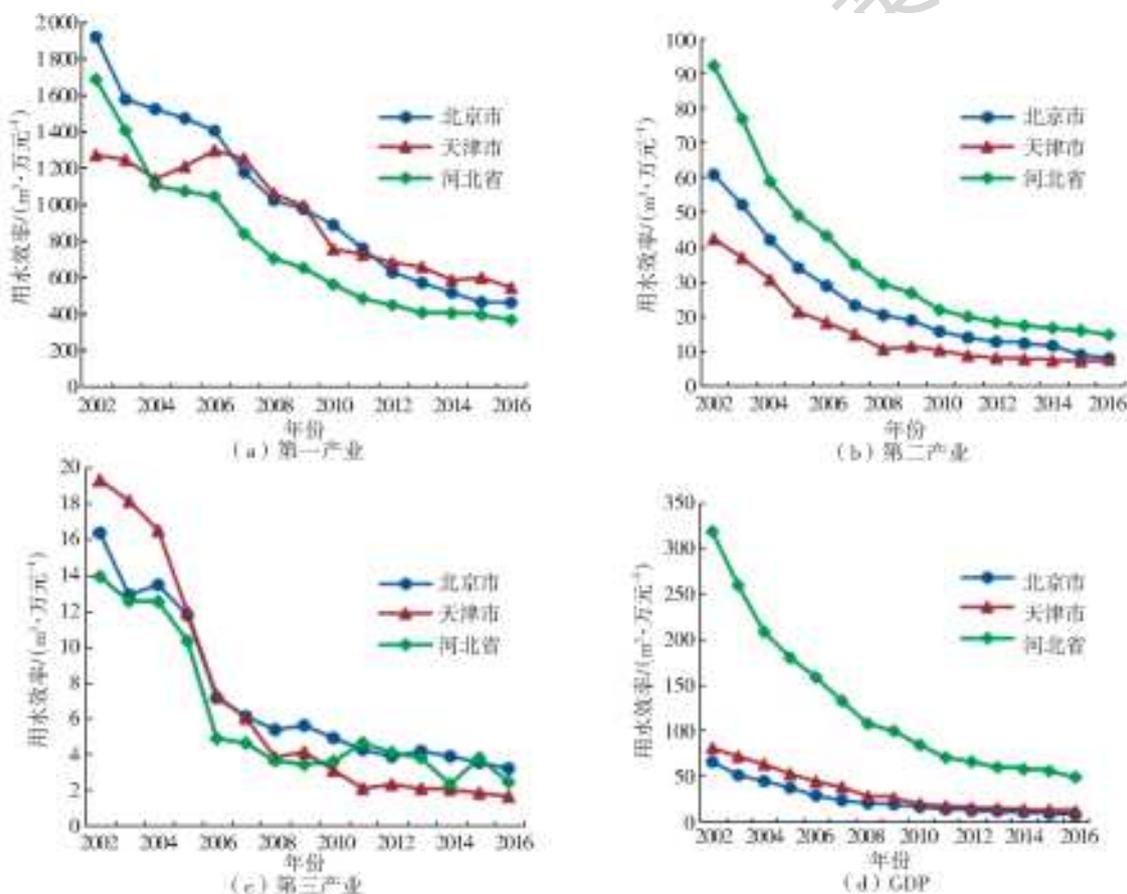


图3 京津冀地区用水效率演变

Fig. 3 Evolution of water use efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei region

3 产业结构与用水结构回归分析

以2002—2016年三次产业增加值比重的成分数据作为自变量X,三次产业用水比重的成分数据作为因变量Y,经过对称Logratio变换后的自变量为V,因变量为U,利用前文介绍的方法,建立成分数据的线性回归模型。模型为

北京市:

$$u_1 = 1.983\ 970 + 0.300\ 383v_1 - 0.349\ 670v_2 - 0.299\ 990v_3$$

$$u_2 = 0.431\ 367 + 0.221\ 533v_1 + 0.563\ 774v_2 - 0.253\ 876v_3$$

$$u_3 = -2.415\ 337 - 0.521\ 916v_1 - 0.214\ 104v_2 + 0.553\ 866v_3$$

天津市:

$$u_1 = 0.248\ 374 - 0.005\ 739 v_1 + 0.957\ 098 v_2 - 0.334\ 561 v_3$$

$$u_2 = -0.412\ 213 - 0.112\ 011 v_1 - 0.000\ 316 v_2 + 0.234\ 798 v_3$$

$$u_3 = 0.163\ 839 + 0.117\ 750 v_1 - 0.956\ 782 v_2 + 0.099\ 763 v_3$$

河北省:

$$u_1 = 1.840\ 385 + 0.162\ 152 v_1 + 0.460\ 136 v_2 - 0.429\ 559 v_3$$

$$u_2 = -0.063\ 431 + 0.111\ 269 v_1 + 0.639\ 921 v_2 - 0.446\ 881 v_3$$

$$u_3 = -1.776\ 954 - 0.273\ 421 v_1 - 1.100\ 057 v_2 + 0.876\ 440 v_3$$

将经过对称 Logratio 变换后的自变量 $V^{(0)}$ 带入线性方程, 得到因变量预测值 $U^{(0)}$, 再经对称 Logratio 变换的反变换得到成分数据预测值。模型对北京市、天津市、河北省用水结构的预测值与实际值之差结果见表 1, 2002—2016 年北京市用水结构预测值误差小于 5%, 天津市用水结构预测值误差小于 4%, 河北省用水结构预测值误差小于 2%, 总体来看, 模型的模拟效果较为合理。

表 1 用水结构预测值与实际值误差

Tab. 1 Comparison of simulated and observed water use structures
单位: %

年份	北京市			天津市			河北省		
	一产	二产	三产	一产	二产	三产	一产	二产	三产
2002	1.80	0.01	-1.82	-0.91	-0.20	1.12	-0.28	0.06	0.22
2003	3.64	-2.87	-0.78	2.29	-1.71	-0.57	0.49	-0.50	0.01
2004	3.25	-0.53	-2.73	3.66	-2.27	-1.38	0.59	-0.10	-0.49
2005	1.00	1.33	-2.32	-0.91	1.72	-0.81	0.34	0.11	-0.44
2006	-4.11	-0.29	4.39	-2.02	1.19	0.84	-0.51	0.04	0.47
2007	-4.31	0.49	3.82	-3.14	2.48	0.66	-0.82	0.50	0.33
2008	-4.28	0.77	3.51	-3.92	2.95	0.97	-0.10	-0.18	0.29
2009	-3.23	1.42	1.81	-1.58	1.64	-0.06	-0.91	0.48	0.43
2010	-3.93	1.69	2.24	2.80	-2.44	-0.36	-0.98	0.86	0.12
2011	-2.93	0.77	2.16	1.81	-2.61	0.79	1.23	-0.50	-0.73
2012	-0.63	-0.23	0.86	2.73	-1.97	-0.76	0.69	-0.12	-0.57
2013	2.55	-0.17	-2.39	1.78	-1.46	-0.32	1.21	-0.62	-0.58
2014	4.03	-1.44	-2.59	2.61	-1.53	-1.08	-0.06	-0.30	0.36
2015	4.14	0.24	-4.38	-1.34	1.35	-0.02	0.12	0.39	-0.51
2016	3.08	-0.29	-2.79	-2.91	2.27	0.64	-0.29	-0.06	0.35

偏最小二乘回归因子载荷图可以表示自变量与因变量之间的相关关系, 在因子载荷图中, 两要素之间距离越近, 相关性越强, 反之相关性越弱^[19]。标准

回归系数可以将不同自变量对因变量的贡献大小进行比较, 同时反映正负效应。结合偏最小二乘回归因子载荷图与标准回归系数直方图(图 4), 可以对产业结构和用水结构进行相关性分析, 确定相关程度。

在偏最小二乘回归因子载荷图中, 北京市第三产业增加值比重与第三产业用水比重距离最近, 两者高度相关; 其次为第一产业增加值比重和第一产业用水比重; 第二产业增加值比重和第二产业用水比重相关性不明显。从标准回归系数直方图来看, 北京市第一产业增加值比重对第一产业用水比重、第二产业增加值比重对二产业用水比重、第三产业增加值比重对第三产业用水比重均起到促进作用, 即随着第三产业增加值比重的上升, 第三产业用水比重随之增加, 而随着第一产业和第二产业增加值比重的下降, 其用水比重随之降低。其中第三产业的促进作用最为显著, 这与产业结构中第三产业占据主导地位相关。天津市三次产业增加值比重及其用水比重距离均较远, 相关性不明显。从标准回归系数直方图来看, 三次产业增加值比重对用水比重的促进和抑制作用也不明显, 说明除产业结构外, 天津市用水结构还受其他因素影响。河北省第二产业增加值比重与第二产业用水比重距离最近, 两者相关性较高; 第一产业增加值比重与第一产业用水比重、第三产业增加值比重及第三产业用水比重距离较远, 相关性不明显。一产业增加值比重对第一产业用水比重、第二产业增加值比重对二产业用水比重、第三产业增加值比重对第三产业用水比重均起到促进作用, 其中第二产业的促进作用最为显著。

4 结论及建议

本文利用 2002—2016 年北京市、天津市及河北省产业结构和用水结构数据, 选择产业结构与用水结构协调性等指标对京津冀地区产业结构和用水结构演变趋势进行了分析, 并建立了两者的线性回归模型。

京津冀地区产业结构高级化发展的同时, 用水结构也随之发生变化。从整体上看京津冀地区产业结构与用水结构的发展趋势, 2002—2016 年北京市第一产业用水比重高于增加值比重, 第三产业增加值比重高于用水比重, 2006—2016 年, 第二产业用水比重高于增加值比重, 表明 2006 年以来作为北京经济重心的第三产业用水效率最高。2002—2016 年天津市及河北省第一产业用水比重远高于增加值比重, 二三产业增加值比重高于用水比重, 表明天津市及河北省二三产业的用水效率较第一产业高。

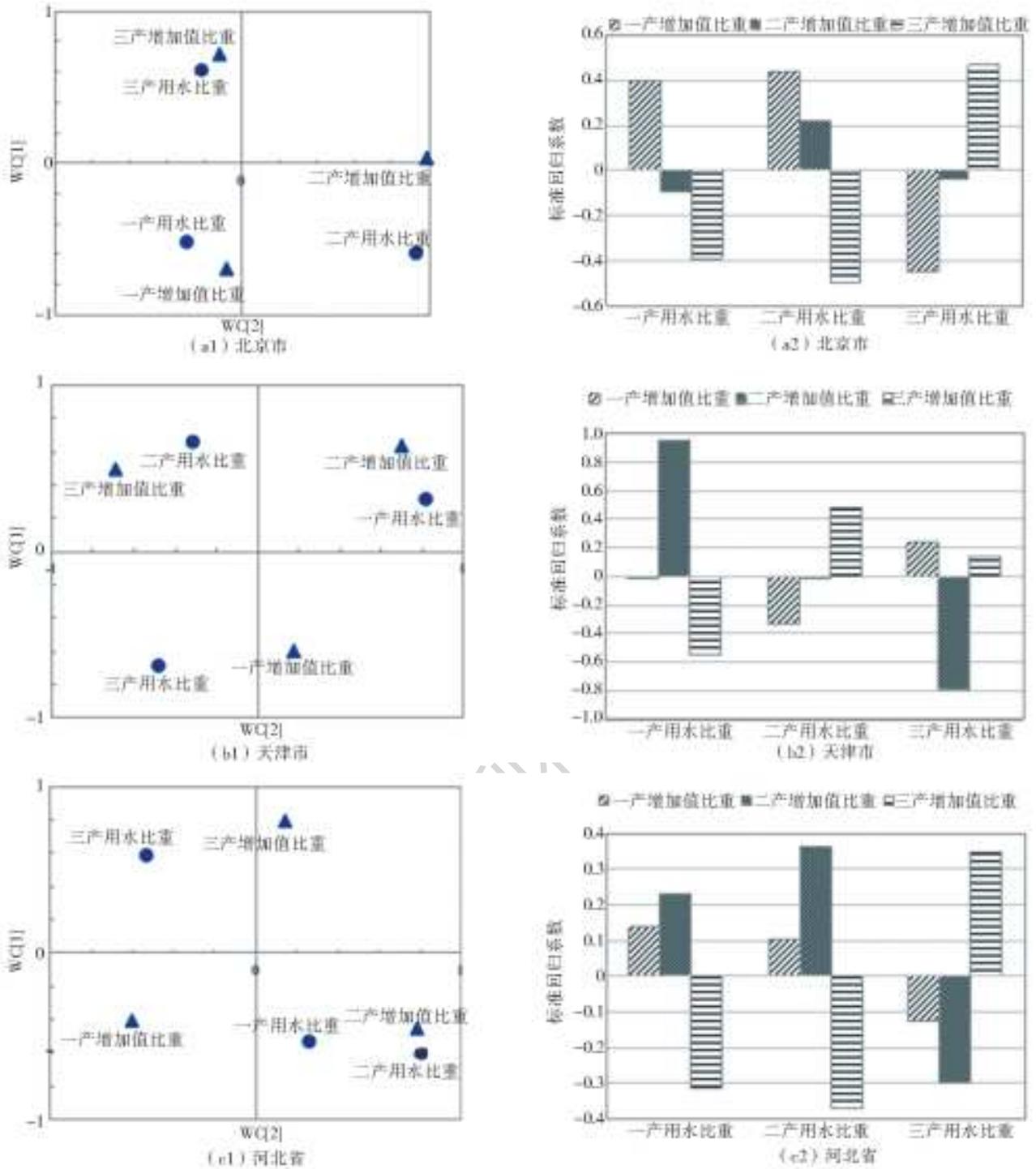


图4 偏最小二乘回归因子载荷图与标准化回归系数直方图

Fig. 4 Loading diagram of PLS regression factors and histogram of standard regression coefficients

京津冀地区 2002—2016 年三次产业及 GDP 的用水效率均大幅提高,未来产业用水的节水方向仍是通过技术升级、淘汰落后行业,不断提高各产业用水效率。三次产业中,2004—2016 年第一产业用水效率河北省最高,这与河北省农业发展的规模效应有关;天津市发展呈现二三产业并重的格局,使得 2002—2016 年第二产业用水效率天津市最高,2010—2016 年第三产业用水效率天津市最高,天津市第三产业显现出强劲的发展活力;GDP 总用水效率北京

市最高,反映出北京市产业结构的合理化及高级化程度最高。京津冀三地产业发展具有明显的区域特点,应利用区域优势规划设计产业集聚发展,以实现用水效率最大化。三次产业的用水效率差距很大,第一产业最低,第二产业次之,第三产业最高,逐步进行产业结构调整,使产业重心向用水效率高的第三产业过渡,是节水的根本举措。

京津冀地区产业结构和用水结构对用水效率较低产业的偏向程度均为:河北省>天津市>北京市。

北京市产业结构与用水结构协调程度最高,天津市次之,河北省最低,京津冀地区的产业结构与用水结构协调程度不断提高,调整区域产业结构和用水结构是京津冀地区当前发展的重要任务,尤以河北省为重。河北省是农业大省,使得第一产业用水比重较高,但农业生产存在技术落后等问题,用水效率仍有较大的提升空间,同时河北省第三产业发展活力不足,无法以更低的耗水创造更高的产值。河北省产业结构及用水结构调整应从两方面入手,一方面大力发展节水农业,调整农作物种植结构,逐步淘汰落后工业企业,提高一二产业用水效率,另一方面与北京市、天津市进行产业合作发展第三产业,使产业结构更为合理。

通过对比模型预测值与实际值,表明成分数据的线性回归模型模拟结果较为合理。结果表明,北京市第三产业增加值比重与第三产业用水比重高度相关,随着第三产业增加值比重的提高,第三产业用水比重也相应提高,北京市第三产业占据主导地位,第三产业用水比重也于 2016 年跃居第一,第三产业的节水潜力值得关注;天津市三次产业增加值比重与其用水比重间的相关性均不显著,表明天津市用水结构除受产业结构影响外,还与其他因素有关;河北省第二产业增加值比重与第二产业用水比重之间表现出较强的相关性,随着第二产业增加值比重的降低,第二产业用水比重相应降低,第二产业是河北省的主导产业,但其用水效率却低于北京市及天津市,可通过逐步提高第二产业用水效率,调整产业结构,发展第三产业优化河北省用水结构。

参考文献(References):

[1] 王浩,王建华.中国水资源与可持续发展[J].中国科学院院刊,2012,27(3):352-358,331.(WANG H,WANG J H.Sustainable utilization of China's water resources[J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2012,27(3):352-358,331.(in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2012.03.014.

[2] 雷社平,解建仓,阮本清.产业结构与水资源相关分析理论及其实证[J].运筹与管理,2004(1):100-105.(LEI S P,XIE J C,RUAN B Q.The correlation analysis and demonstration between industrial structure and water[J].Operations Research and Management Science,2004(1):100-105.(in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1007-3221.2004.01.020.

[3] 云逸,邹志红,王惠文.北京市用水结构与产业结构的成分数据回归分析[J].系统工程,2008(4):67-71.(YUN Y,ZOU Z H,WANG H W.A regression model

based on the compositional data of Beijing's Water consumed structure and industrial structure[J].Systems Engineering,2008(4):67-71.(in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1001-4098.2008.04.012.

- [4] 刘晓霞,解建仓.山西省用水结构与产业结构变动关系[J].系统工程,2011,29(4):45-52.2008(4):67-71.(LIU X X,XIE J C.The relationship between water consumed structure and industrial structure in Shanxi Province[J].Systems Engineering,2011,29(4):45-52.(in Chinese))
- [5] 苏伟洲,王成璋,杜念霜.水资源与产业结构关系及产业结构调整倒逼机制研究[J].科技进步与对策,2015,32(6):80-84.(SU W Z,WANG C Z,DU N S.Research on the relationship between water resources and industrial structure and the mechanism of industrial structure adjustment[J].Science & Technology Progress and Policy,2015,32(6):80-84.(in Chinese)) DOI:10.6049/kjbydc.2014120631.
- [6] 雷社平,解建仓,黄明聪,等.区域产业用水系统的协调度分析[J].水利学报,2004(5):14-19.(LEI S P,XIE J C,HUANG M C,et al.Coordination degree analysis of regional industry water use system[J].Journal of Hydraulic Engineering,2004(5):14-19.(in Chinese)) DOI:10.3321/j.issn:0559-9350.2004.05.003.
- [7] 袁少军,王如松,胡聃,等.城市产业结构偏水度评价方法研究[J].水利学报,2004(10):43-47.(YUAN S J,WANG R S,HU D,et al.Method for assessing the partiality of urban industrial structure to high water consumption[J].Journal of Hydraulic Engineering,2004(10):43-47.(in Chinese)) DOI:10.3321/j.issn:0559-9350.2004.10.007.
- [8] 蒋桂芹,于福亮,赵勇.区域产业结构与用水结构协调度评价与调控——以安徽省为例[J].水利水电技术,2012,43(6):8-11,15.(JIANG G Q,YU F L,ZHAO Y.Assessment and regulation of coordinated degree between regional industrial structure and water utilization structure:A case of Anhui Province[J].Water Resources and Hydropower Engineering,2012,43(6):8-11,15.(in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1000-0860.2012.06.003.
- [9] 贾程程,张礼兵,徐勇俊,等.基于信息熵的山东省用水结构与产业结构协调性分析[J].水电能源科学,2016,34(5):17-19.(JIA C C,ZHANG L B,XU Y J,et al.Analysis of coordination between water structure and industrial structure in Shandong Province based on information entropy[J].International Journal Hydroelectric Energy,2016,34(5):17-19.(in Chinese))
- [10] 刘宝勤,姚治君,高迎春.北京市用水结构变化趋势及驱动力分析[J].资源科学,2003(2):38-43.(LIU B

- Q, YAO Z J, GAO Y C. Trend and driving forces of water consumed structure changes in Beijing[J]. Resources Science, 2003(2): 38-43. (in Chinese)) DOI: 10. 3321/j. issn:1007-7588. 2003. 02. 007.
- [11] 贾绍凤,张士锋,夏军,等. 经济结构调整的节水效应[J]. 水利学报, 2004(3): 111-116. (JIA S F, ZHANG S F, XIA J, et al. Effect of economic structure adjustment on water saving[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(03): 111-116. (in Chinese)) DOI: 10. 3321/j. issn:0559-9350. 2004. 03. 019.
- [12] 孙才志,谢巍. 中国产业用水变化驱动效应测度及空间分异[J]. 经济地理, 2011, 31(4): 666-672. (SUN C Z, XIE W. Driving effect measurement and spatial differentiation of industrial water use change in China [J]. Economic Geography, 2011, 31(4): 666-672. (in Chinese)) DOI:10. 15957/j. cnki. jhdl. 2011. 04. 024.
- [13] 潘雄锋,刘凤朝,郭蓉蓉. 我国用水结构的分析与预测[J]. 干旱区资源与环境, 2008(10): 11-14. (PAN X F, LIU F C, GUO R R. Analysis and prediction of water use structure in China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008(10): 11-14. (in Chinese)) DOI:10. 13448/j. cnki. jalre. 2008. 10. 019.
- [14] 章平. 产业结构演进中的用水需求研究——以深圳为例[J]. 技术经济, 2010, 29(7): 65-71. (ZHANG P. Empirical study on the water demand during the evolution of industrial structure: evidence from Shenzhen [J]. Technology Economics, 2010, 29(7): 65-71. (in Chinese)) DOI:10. 3969/j. issn. 1002-980X. 2010. 07. 012.
- [15] 王惠文,黄薇. 成分数据的线性回归模型[J]. 系统工程, 2003(2): 102-106. (WANG H W, HUANG W. A Simple linear regression model based on the compositional data[J]. Systems Engineering, 2003(2): 102-106. (in Chinese)) DOI:10. 3969/j. issn. 1001-4098. 2003. 02. 022.
- [16] 原静. 成分数据组合预测模型及其应用[D]. 太原:山西大学, 2012. (YUAN J. Combination forecasting model of component data and its application [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2012. (in Chinese))
- [17] 蒋蕾,陈远生,李璐. 近 20 年北京市产业取水与节水变化分析[J]. 自然资源学报, 2011, 26(6): 1040-1051. (JIANG L, CHEN Y S, LI L. Dynamic analysis on the industrial water withdrawal and water saving of Beijing in the past 20 years[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(6): 1040-1051. (in Chinese)) DOI:10. 11849/zrzyxb. 2011. 06. 015.
- [18] 刘洋,李丽娟. 京津冀地区产业结构演进特征分析[J]. 南水北调与水利科技, 2018, 16(4): 7-16, 25. (LIU Y, LI L J. Analysis on characteristics of industrial structure evolution in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2018, 16(4): 7-16, 25. (in Chinese)) DOI:10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2018. 0091.
- [19] 钟科元,陈莹,陈兴伟,等. 福建省用水结构与产业结构相关性的区域变化[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(3): 593-596, 605. (ZHONG K Y, CHEN Y, CHEN X W, et al. Analysis of the correlation between water consumed structure and industrial structure in different regions of Fujian Province. [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2015, 13(3): 593-596, 605. (in Chinese)) DOI:10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2015. 03. 043.

郑重声明

《南水北调与水利科技》自创刊以来,从未委托任何中介机构、网站及个人征稿,请广大读者、作者提高警惕,不要通过他人投稿,更不要向他人或不明机构缴纳任何费用。

《南水北调与水利科技》编辑部