

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.02.006

新疆水资源利用与产业发展关联研究

郭佳航¹, 左其亭^{1,2,3}, 李东林¹, 马军霞^{1,3}

(1. 郑州大学水利科学与工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学水科学研究中心, 河南 郑州 450001;
3. 郑州市水资源与水环境重点实验室, 河南 郑州 450001)

摘要:使用脱钩理论和基于数列的匹配度计算方法, 对新疆 14 个地州 2005—2006 年、2009—2010 年、2013—2014 年和 2017—2018 年水资源利用与产业经济增长关系进行研究, 分析新疆产业用水量与 GDP 关联程度, 并将两者计算结果进行对比。结果表明: 使用一种方法分析指标间关系可能存在不合理的情况, 应考虑地区实际情况, 选择合适的方法; 在研究年限内, 人均用水量与人均 GDP 适配情况较好, 其中 2013—2014 年情况最好; 各地州产业用水量与产业 GDP 适配程度存在明显的时空差异, 其中, 农业单位面积平均用水量与 GDP 适配度大致呈现适配-负适配的变化趋势; 昌吉回族自治州、阿勒泰地区和巴音郭楞蒙古自治州工业增加值与用水量适配情况较差; 各地州第三产业用水量与 GDP 适配关系随时间波动明显。

关键词: 水资源利用; 产业发展; 适配度; 匹配度; 脱钩理论; 新疆

中图分类号: TV213 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-6933(2021)02-0034-09

Research on relationship between water resources utilization and industrial development in Xinjiang // GUO Jiahang¹, ZUO Qiting^{1,2,3}, LI Donglin¹, MA Junxia^{1,3} (1. School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Zhengzhou Key Laboratory of Water Resource and Environment, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The relationship between water resources utilization and industrial economic growth of 14 cities in Xinjiang in 2005-2006, 2009-2010, 2013-2014 and 2017-2018 was studied by the decoupling theory and a calculation method of matching degree based on the data sequence. The correlation degree between industrial water consumption and GDP in Xinjiang was analyzed, and the results were compared. The results show that using one method to analyze the relationship between indicators may be unreasonable, the actual situation of the region should be considered, then choose an appropriate method. Within the study period, the adaptive situation between per capita water consumption and GDP per capita is good, and the situation of 2013-2014 is the best. There is a significant spatial and temporal difference between the industrial water consumption and industrial GDP matching degree in various regions. The change in the matching degree between the average water consumption of agriculture area and the average GDP generally shows an adaptive-negative adaptation trend. Changji Hui Autonomous Prefecture, Altay Region, and Bayingol Mongolian Autonomous Prefecture are negative adaptation between industrial added value and water consumption. The matching degree between the water consumption of the tertiary industry and the industrial GDP is fluctuant.

Key words: water resources utilization; industrial development; adaption degree; matching degree; decoupling theory; Xinjiang

水资源问题已成为制约我国经济社会发展的重要因素, 其突出表现为水资源分配不均和用水效率较低^[1]。分析提高水资源利用效率的影响因素, 研究水资源与产业发展的关联程度及变化趋势, 对提

高水资源利用效率、推进节水型社会建设具有重要意义。目前, 有关水资源利用与经济发展关联性的测度方法主要有: 利用 IPAT 方程对用水量与经济增长的协调关系进行分析^[2]、使用耦合协调度模型

基金项目: 国家自然科学基金(U1803241, 51779230)

作者简介: 郭佳航(1997—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源。E-mail: guojiahanggjh@163.com

通信作者: 左其亭(1967—), 男, 教授, 博士, 主要从事水文水资源研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

分析指标间耦合度和协调度^[3]、采用 LDMI 模型计算不同效应对用水量的影响程度^[4]、利用脱钩理论分析水资源利用与经济发展脱钩程度^[5-7]、利用面板数据及其误差修正模型等关联测算方法检验水资源利用结构与产业结构之间关系^[8]、利用基于数列的匹配度计算水资源与其他指标间的匹配关系^[9-12]等。从研究方法看,脱钩理论和基于数列的匹配度计算方法应用较为广泛。韩文艳等^[5]基于脱钩理论,对中国 4 个直辖市 2001—2014 年水资源利用与经济增长关系进行研究;彭虹等^[6]对重庆市及其 38 个县(区)的农业用水量与农业经济发展之间的脱钩程度进行了定量评价和综合分析;朱薇等^[9]根据基于数列的匹配度计算方法,确定了 1995—2015 年哈萨克斯坦 16 个州(市)水资源利用与人口、GDP 的匹配状况;廉耀康等^[10]利用匹配度计算方法,讨论了 1960—2014 年黑山出山口径流量与源区降水量的相关关系和匹配度。大多数研究更关注测算指标间匹配情况,关于方法间的对比分析较少。本文以新疆为研究区,以 2005—2006 年、2009—2010 年、2013—2014 年和 2017—2018 年作为研究时段,将脱钩理论和基于数列的匹配度计算两种方法的计算结果进行比较,分析两种方法的适用范围。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

新疆维吾尔自治区位于中国西北部,地处东经 73°40′~96°18′、北纬 34°25′~48°10′,总面积 166.5 万 km²^[13]。新疆属于典型的温带大陆性气候,远离海洋,深居内陆,四周有高山阻隔,海洋气流不易到达,全年干燥少雨,多年平均降水量大约为 150 mm。新疆年平均降水量与中国其他省份相比处于较低水平,且新疆各地降水量相差很大,水资源时空分布极不平衡。截至 2018 年底,新疆维吾尔自治区下辖 4 个地级市、5 个地区、5 个自治州共 14 个地级行政单位,因发展水平、自然环境等因素影响,各地州产业发展模式及用水结构有很大不同。

表 1 区域产值与用水量的适配类型划分及特征

Table 1 Classification and characteristics of adaptive types of regional GDP and water consumption

	适配状态	ΔG	ΔW	α	适配特征
负适配	弱负适配	>0	>0	$(0,0.8)$	区域产值与用水量均呈增加趋势,且前者增加速度慢于后者,发展不合理
	强负适配	<0	>0	≤ 0	区域产值减少而用水量增加,发展极不合理
	衰退性负适配	<0	<0	≥ 1.2	区域产值与用水量均呈减少趋势,且前者减少速度快于后者,发展不合理
适配	弱适配	<0	<0	$(0,0.8)$	区域产值与用水量均呈减少趋势,且前者减少速度慢于后者,发展比较合理
	强适配	>0	<0	≤ 0	区域产值增加而用水量减少,发展合理
	扩张性适配	>0	>0	≥ 1.2	区域产值与用水量均呈增加趋势,且前者增加速度快于后者,发展比较合理
耦合	衰退性负耦合	<0	<0	$[0.8,1.2)$	区域产值与用水量均呈减少趋势,且两者减少速率相近,发展比较合理
	扩张性正耦合	>0	>0	$[0.8,1.2)$	区域产值与用水量均呈增加趋势,且两者增加速率相近,发展比较合理

1.2 数据来源

选取数据进行水资源利用与产业结构的关联程度分析,主要涉及新疆各地州水资源、经济指标等方面数据。经济数据大部分来源于政府报告、统计局网站、《新疆统计年鉴》和各地州统计年鉴。人均用水量、农业单位面积平均用水量、万元工业增加值用水量、第三产业用水量等数据主要来自《新疆水资源公报》和《新疆统计年鉴》。

2 研究方法

2.1 基于脱钩指数的适配度计算

依据 Tapio 模型^[14],综合考虑区域水资源利用与产业结构的关联程度,建立二者适配度的测算指标,即

$$\alpha_i = \frac{\Delta G_i}{\Delta W_i} = \frac{(G_{it} - G_{if})/G_{if}}{(W_{it} - W_{if})/W_{if}} \quad (1)$$

式中: α_i 为适配指数; ΔW_i 和 ΔG_i 分别为产业 i 用水量(农业单位面积平均用水量、万元工业增加值用水量、第三产业用水量)或人均水资源利用量和相应的产业经济增长量的变化速率; W_{it} 和 W_{if} 分别为起始年和末年产业 i 的水资源利用量; G_{it} 和 G_{if} 分别为起始年和末年产业 i 的产值。

为避免将微小的变化解释为显著变化,将 0.8 和 1.2 作为适配度指数划分标准^[7,18],划定出适配度分级标准(表 1)。

2.2 基于数列的匹配度计算

匹配是对两种或两种以上系统或要素之间的配合关系(正、负相关)的描述。2014 年,左其亭等^[15]提出了基于数列的匹配度计算方法,从时间和空间上定量地分析两种变量之间的匹配关系,目前已应用到水资源利用研究中。计算公式^[15]为

$$\beta_j = 1 - \frac{|n_j - m_j|}{K - 1} \quad (j = 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

式中: β_j 为匹配度值; n_j 和 m_j 分别为 j 地区 K 个单元中产业用水和 GDP 变化速率的排名。

本文使用用水量和产业 GDP 的增长速率来计

算匹配情况,参考基尼系数划分方法,制定相应的基于数列的匹配度评价标准,0.6 为警戒线,0.8 为较好匹配标准,匹配度 $[0,0.5)$ 为极不匹配, $[0.5,0.6)$ 为不匹配, $[0.6,0.7)$ 为较匹配, $[0.7,0.8)$ 为相对匹配, $[0.8,1)$ 为高度匹配。

3 结果分析

3.1 基于数列的匹配度分析

3.1.1 人均用水量与人均 GDP 匹配情况

如图 1(a)所示,总体来看,新疆各地州人均用水量与人均 GDP 匹配度较好,大部分研究年份内匹配关系均属于高度匹配或相对匹配的程度。但各地州用水匹配状况存在差异,其中乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番市、哈密市、阿勒泰地区和巴音郭楞蒙古自治州(巴州)出现过极不匹配和不匹配的情况。导致该情况的原因不同:乌鲁木齐市和哈密市两地用水量增长速率排名降低而 GDP 增长速率排名不断升高导致用水关系不匹配,而克拉玛依市、阿勒泰地区和巴州情况相反,是由于用水增长速率排名高产值增长速率排名低导致的用水关系不匹配。吐鲁番市情况较为复杂,在 2005—2006 年是由于用水量增长速率排名降低而 GDP 增长速率排名高,2009—2010 年情况相反。其余地州在研究年限均匹配情况较好。

3.1.2 产业用水量与产业 GDP 匹配情况

由图 1(b)可以看出,新疆农业单位面积平均 GDP 与农业单位面积平均用水量匹配度年际变化大。乌鲁木齐市的变化趋势是不匹配—匹配—不匹配;塔城地区和克孜勒苏柯尔克孜自治州(克州)则是匹配和不匹配交替变化;克拉玛依市和伊犁州变化趋势是匹配—不匹配,吐鲁番市等 5 个地州与之相反;哈密市等 4 个地州的匹配度变化趋势为匹配—不匹配—匹配。相对而言,乌鲁木齐市、塔城地区、阿勒泰地区和克州农业单位面积平均用水量与 GDP 整体匹配情况较差。乌鲁木齐市和塔城地区匹配度值减小,匹配状况变差,其原因是这些区域大面积推广高效节水工程或开展休耕工作^[16],导致单位面积平均用水量减小。

如图 1(c)所示,各地州万元工业增加值用水量与工业增加值的匹配情况差异较大。克拉玛依市、哈密市及阿克苏地区匹配状况较差。其中,克拉玛依市在 2013—2014 年和 2017—2018 年用水增长速率排名高、经济增长速率排名低,其原因是克拉玛依市工业以石油开发为主,2010 年后克拉玛依市提出由“单一资源性城市”向“综合性城市”转型,发展其他密集型产业^[17],造成工业经济增长减缓和用水量

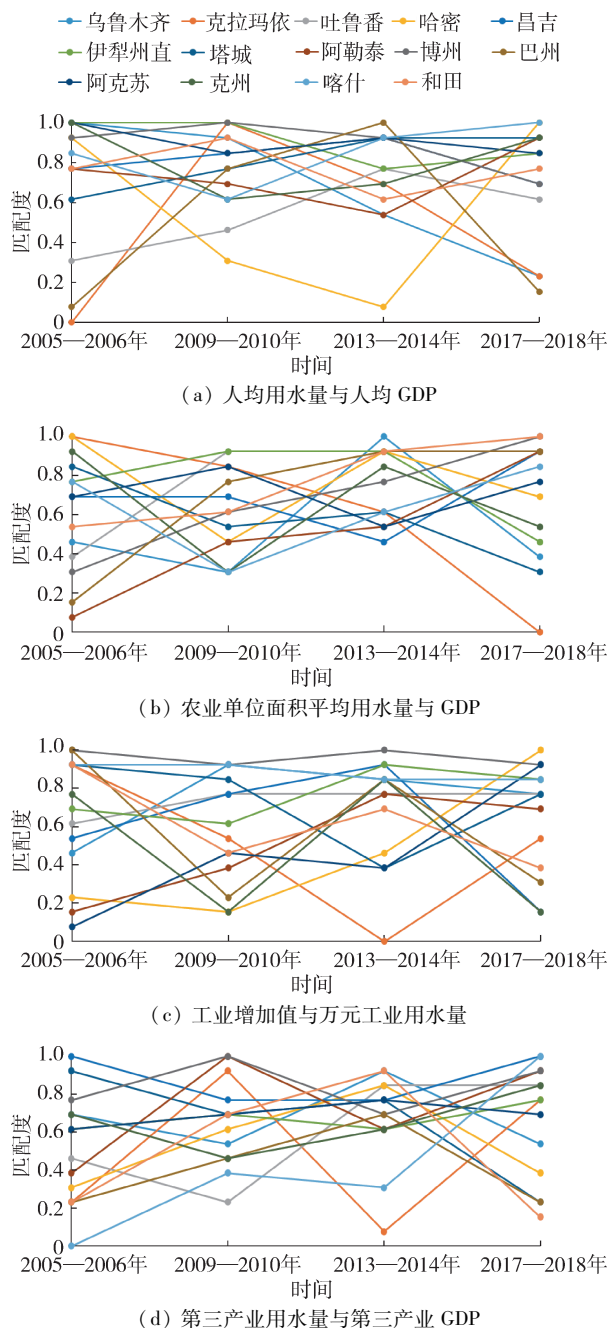


图 1 新疆各产业与用水量匹配度状况

Fig.1 Matching degree of various industries and water consumption in Xinjiang

升高;哈密市和阿克苏地区匹配情况较差,是因为工业发展水平较高,工业废水重复利用率较高,用水量小而工业增加值高导致的不匹配。吐鲁番市、伊犁州、博尔塔拉蒙古自治州(博州)和喀什地区整体匹配情况较好。乌鲁木齐市、昌吉回族自治区在研究年份内匹配度值变化趋势为先升后降。其余地州工业增加值与万元工业增加值用水量匹配度则是不断波动。

图 1(d)显示,新疆第三产业用水量与 GDP 匹配状态波动较大。相对而言,巴州及喀什地区第三产业用水量与第三产业 GDP 匹配情况较差,其余地

州匹配情况较好。其中,喀什地区匹配状态逐渐改善,前期是由于产业 GDP 增长速率排名升高而用水量增长速率排名降低;巴州情况相反。

3.2 基于脱钩理论的适配度分析

3.2.1 人均用水量与人均 GDP 适配情况

如图 2 所示,从时间上来看,2005—2018 年新疆大部分地州适配情况基本保持不变,适配度情况较好。除克拉玛依市外,2005—2006 年各地州适配情况均为适配或正耦合状态,没有出现负适配;在 2009—2010 年,一些地州适配情况变差,如吐鲁番市、阿勒泰地区、博州和克州为弱负适配;2013—2014 年适配情况最好,新疆 14 个地州全部改善为适配或正耦合;2017—2018 年,克拉玛依市、阿勒泰地区、巴州呈现弱负适配,其余地州均为适配。从空间上来看,乌鲁木齐市在研究年限内均为强适配,适配状况较好;克拉玛依市除 2013—2014 年为适配状态,其余年份内均为负适配,克拉玛依市不断进行产业转型,水资源开发利用程度较高,大力发展工业,但存在大量高耗水企业^[17],用水量大但产生效益较低。伊犁州在研究年限内均为扩张性适配,其他地州大致呈现两种变化趋势:一种为扩张性适配—弱负适配—强适配的变化趋势;另一种为扩张性适配—强/弱适配的变化趋势。

3.2.2 产业用水量与产业 GDP 适配情况

从图 3 可以看出,2005—2018 年新疆各地州的农业单位面积平均用水量与 GDP 适配度呈现先好后差的变化趋势。在 2005—2006 年、2009—2010 年、2013—2014 年,各地州农业单位面积平均用水量与 GDP 适配情况没有出现过负适配,整体情况较好;但在 2017—2018 年,所有地州全部呈现负适配,除乌鲁木齐市为衰退型负适配外,其余地州均为强负适配。出现该情况的原因是新疆节水器具不断普及,节水灌溉面积不断增长,占地方总灌溉面积的 48.6%,灌溉用水逐渐减少,并且大部分地州产业不断转型,产业结构发生改变,第一产业比例下降,但第一产业 GDP 下降速率快于用水量,因而呈现负适配的情况。

整体来看,乌鲁木齐市农业单位面积平均用水量与 GDP 适配状态较好,克拉玛依市情况最差,只有在 2009—2010 年内达到适配的状态,其余年份内均为负适配。阿勒泰地区的适配情况变化为负适配—适配—负适配的趋势,波动较大。其余地州适配情况类似,均是适配—负适配的变化趋势。

图 4 显示,万元工业增加值用水量与工业增加值的适配情况各地州随时间变化差异较大,在 2005—2006 年各地州的适配情况均为适配,除哈密市为扩张性适配外,其余地州均为强适配。2009—

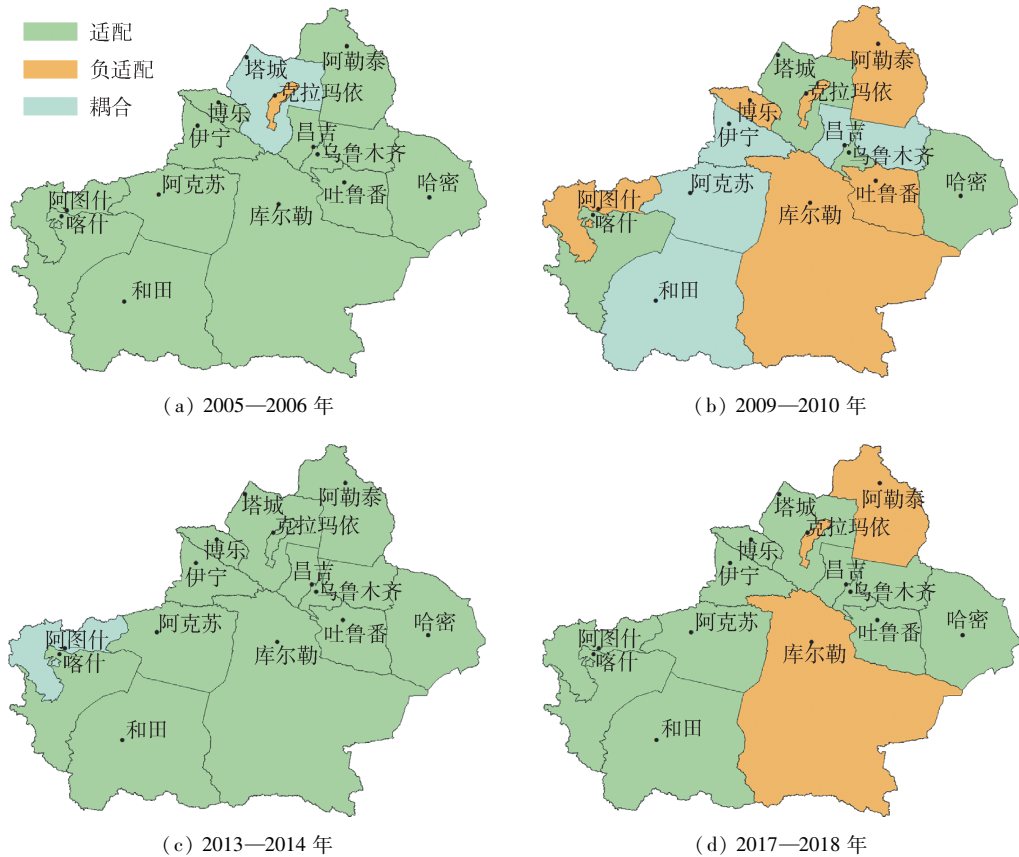


图 2 新疆人均用水量与人均 GDP 适配情况

Fig. 2 Adaptation of water consumption per capita and GDP per capita in Xinjiang

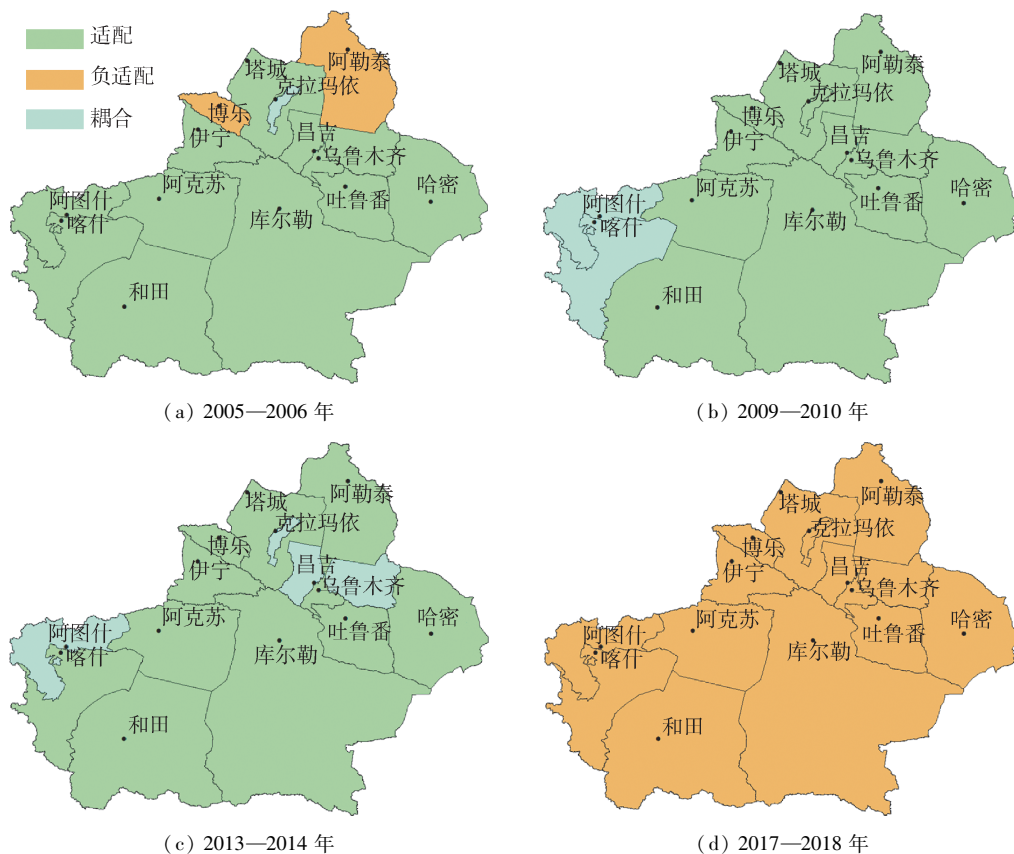


图3 新疆农业单位面积平均用水量与平均 GDP 适配情况

Fig.3 Adaptation of water consumption per unit area and average GDP in Xinjiang

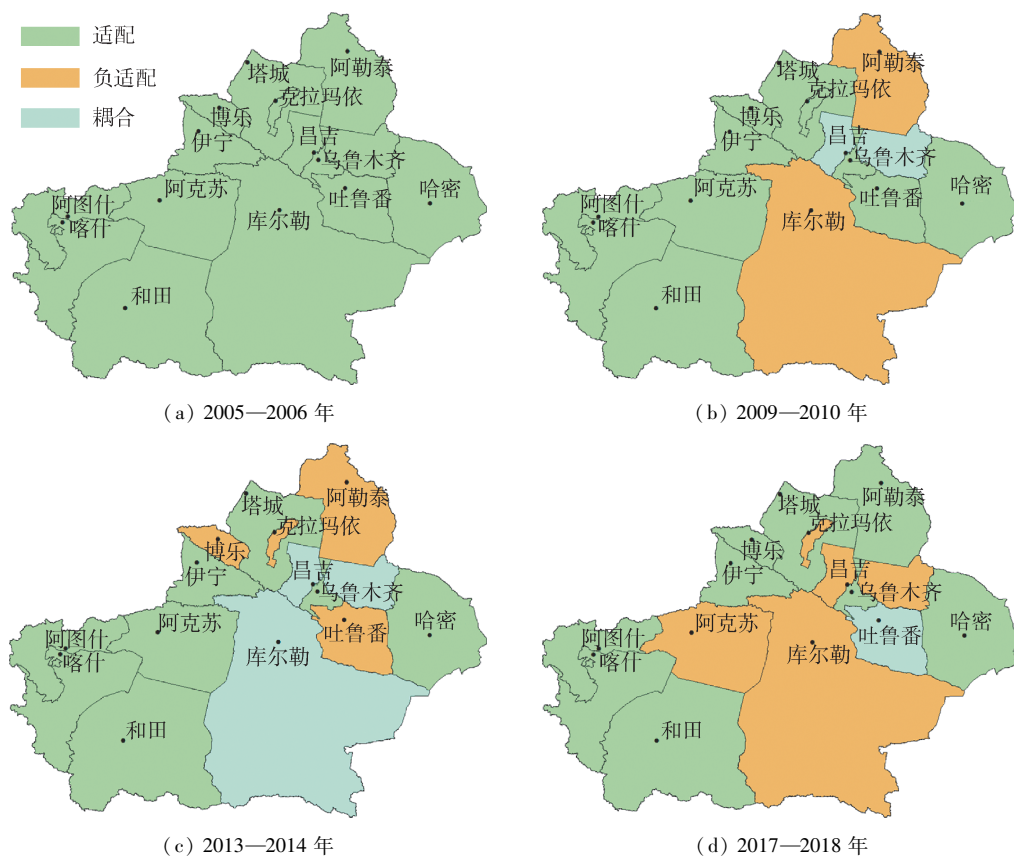


图4 新疆万元工业增加值用水量与工业增加值适配情况

Fig.4 Adaptation of 10,000 Yuan industrial added value and water consumption in Xinjiang

2010 年阿勒泰地区和巴州出现弱负适配和衰退型负适配,其余地州处于适配或耦合的状态。在 2013—2014 年适配状态变差,与 2009—2010 年相比,处于负适配的地州增加为 4 个。2017—2018 年,克拉玛依市、昌吉回族自治州、阿勒泰地区和巴州仍呈现弱负适配状态,出现该状态是因为这些区域正在进行产业升级,大力发展第二产业,使用水量大,GDP 增长较慢,应加快改进工业设配,改善高耗水工艺,促使产业升级,减少工业用水量。

万元工业增加值用水量与工业增加值适配状态在乌鲁木齐市、克州、喀什地区及和田地区情况较好,研究年限内均为适配。克拉玛依市、昌吉回族自治州、阿勒泰地区和巴州的变化趋势为适配—负适配,但各地州出现负适配的年份不同,其中克拉玛依市和博州变化趋势与人均用水量和人均 GDP 适配变化趋势一致。

从图 5 可以看出,在 2005—2006 年哈密市和克州第三产业用水量和 GDP 产值为弱负适配,其余地州情况较好。2009—2010 年整体情况较好,除和田地区外,其余地州均无负适配情况。但在 2013—2014 年,大部分地州呈现弱负适配,这和当地产业转型有关。2017—2018 年适配状况改善不明显,应提高水资源利用效率,提高第三产业产值的同时节约用水。

第三产业用水量与第三产业产值适配状态在乌

鲁木齐市、克拉玛依市等 7 个地州适配情况较好,研究年限内没有出现负适配;吐鲁番市情况较差,只有在 2005—2006 年为适配,其余年份均为负适配,其原因是吐鲁番市第三产业用水量波动增长,而产值增长速率较缓。塔城地区、博州等 5 个地州呈现适配—负适配—适配的变化,其余地州则呈现适配—负适配的变化趋势。

3.3 两种方法结果对比

使用两种方法对新疆产业用水结构与产业 GDP 关系进行计算,匹配度反映用水量和产值之间的匹配关系;适配度反映两者之间的变化是否有利于城市的发展,即指标之间的关系是否协调。

两种方法的计算结果存在一些差异。首先,从计算原理来看,基于脱钩理论的适配度计算取决于是否利于社会的发展,如当用水速率减小而产业 GDP 升高时,最有利于社会的发展,会呈现强适配的情况;而基于数列的匹配度计算比较的是用水量增长速率在全疆的排名和产业 GDP 增长速率排名,当两者排名相当时,呈现良好的匹配关系,但是,当一方的速率远大于另一方时,即便有利于社会发展,也会呈现较差的匹配关系。其次,从计算结果来看,一些指标间的匹配度和适配度评价结果不一致,但其代表的意义却相同。使用两种方法计算得出的人均用水量与人均 GDP 的匹配关系见表 2,在大部分

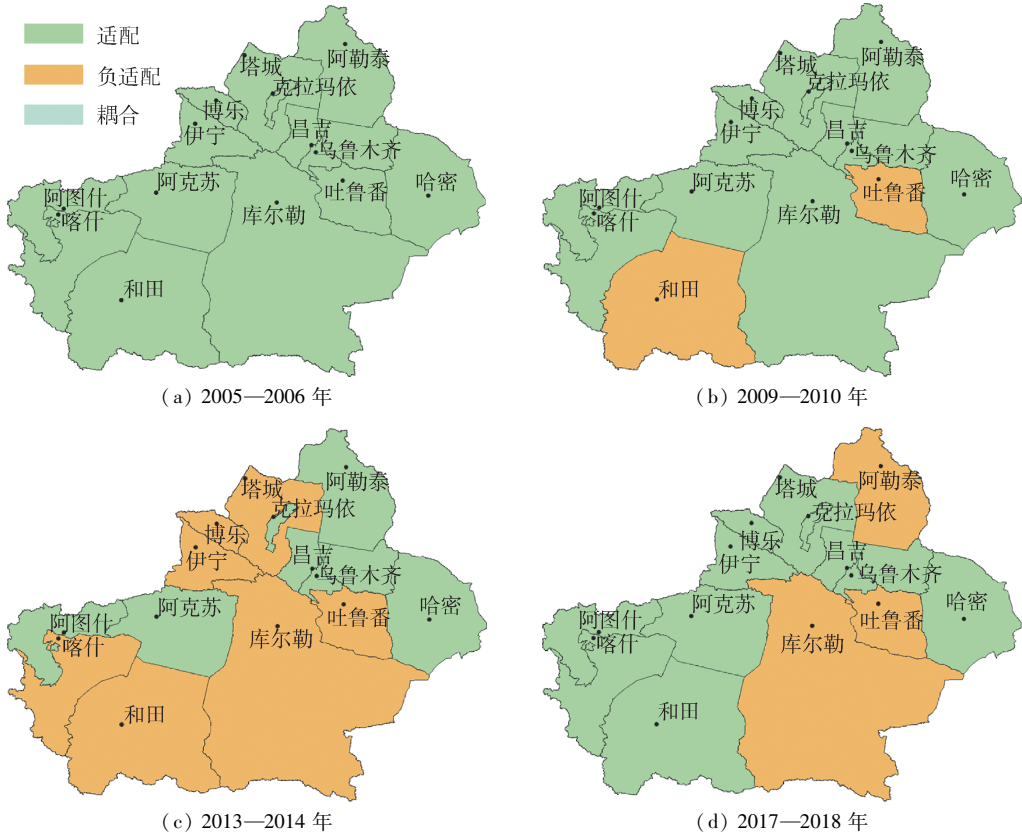


图 5 新疆第三产业用水量与第三产业 GDP 适配情况

Fig. 5 Adaptation of water consumption of tertiary industry and industrial GDP in Xinjiang

表2 人均用水量与人均 GDP 关系对比

Table 2 Comparison of relationship between water consumption per capita and GDP per capita

行政区	脱钩理论适配度计算				基于数列的匹配度计算			
	2005—2006 年	2009—2010 年	2013—2014 年	2017—2018 年	2005—2006 年	2009—2010 年	2013—2014 年	2017—2018 年
乌鲁木齐	强适配	强适配	强适配	强适配	高度匹配	高度匹配	不匹配	极不匹配
克拉玛依	弱负适配	弱负适配	强适配	弱负适配	极不匹配	高度匹配	较匹配	极不匹配
吐鲁番	强适配	弱负适配	弱适配	强适配	极不匹配	极不匹配	相对匹配	较匹配
哈密	扩张性适配	扩张性适配	强适配	强适配	高度匹配	极不匹配	极不匹配	高度匹配
昌吉	扩张性适配	扩张性正耦合	扩张性适配	强适配	相对匹配	高度匹配	高度匹配	较匹配
伊犁	扩张性适配	扩张性正耦合	扩张性适配	扩张性适配	高度匹配	高度匹配	相对匹配	高度匹配
塔城	扩张性正耦合	强适配	扩张性适配	强适配	较匹配	相对匹配	高度匹配	高度匹配
阿勒泰	扩张性适配	弱负适配	扩张性适配	弱负适配	相对匹配	较匹配	不匹配	高度匹配
博州	扩张性适配	弱负适配	扩张性适配	强适配	高度匹配	高度匹配	高度匹配	较匹配
巴州	强适配	弱负适配	强适配	弱负适配	相对匹配	相对匹配	相对匹配	极不匹配
阿克苏	扩张性适配	扩张性正耦合	强适配	强适配	高度匹配	高度匹配	高度匹配	高度匹配
克州	强适配	弱负适配	扩张性正耦合	强适配	高度匹配	较匹配	较匹配	高度匹配
喀什	扩张性适配	扩张性适配	弱适配	强适配	高度匹配	较匹配	高度匹配	高度匹配
和田	扩张性适配	扩张性正耦合	强适配	强适配	相对匹配	高度匹配	较匹配	高度匹配

时间内两者计算结果有一定的联系,虽然存在一些差异,其代表的含义一致。如,乌鲁木齐市在 2013—2014 年和 2017—2018 年使用基于数列的匹配度计算得到的结果为不匹配,是由于其 GDP 增长率排名远远高出用水量增长率排名,其代表的意义与基于脱钩理论计算得出的结论相同。

在分别计算各产业匹配度或适配度时,两者结果存在较大的差异。如在计算农业单位面积平均用水量与 GDP 关联关系时,虽然各地州用水和 GDP 变化速率之间差距大小不同,但均是 GDP 减小速率大于用水减小速率,适配情况较差;计算两者匹配度时,各地州用水变化速率相近,由于其基于数列的计算原理,对指标进行排序,差异较小的数据排名结果也会存在很大不同,使评价结果存在差异。新疆第三产业用水量小,在研究年限内所有地州第三产业用水量均小于 0.5 亿 m^3 ,较小的用水量波动会造成用水速率的大变化,使匹配度和适配度结果呈现差异。

当用水变化速率和 GDP 变化速率差异显著时,两种方法均能准确反映两者间关联情况;当指标间数据差距不大时,虽然两种计算方法均能测算指标关联程度,但使用基于数列的匹配度计算很难反映出其内在联系,这种情况下更适宜使用基于脱钩理论的适配度方法进行计算。而计算新疆第三产业用水与 GDP 关系时,由于用水量小,变化速率显著,不适宜使用基于数列的匹配度计算方法。因此可以看出,有时使用一种方法计算指标间关系可能存在偏差,应考虑实际情况及方法原理差异,合理选择方法进行测算。

3.4 提高经济发展与水资源适配性的建议

a. 转变经济增长方式,大力发展金融业和服务

业等产业,克拉玛依市、巴州的第三产业占比较低,不到 30%,但克拉玛依市被誉为“戈壁明珠”,巴州占地最广,存在丰富的旅游资源和广阔的发展空间。因此,需要进行产业结构的战略性调整和优化,实现以服务业为驱动的经济增长模式。

b. 完善水资源管理制度,制定与水资源相适应的经济发展规划方案。新疆属于干旱区,水资源短缺严重,可以引导节水型产业发展,克州、喀什地区、吐鲁番市等地州农田单位面积平均灌溉用水量远超新疆平均水准,应发展节水农业,加强农业用水效率;在和田地区、哈密市等工业城市开展工业节水等措施。

c. 加强地区间合作,促进产业空间优化。结合各地州的产业经济发展等情况,相邻地州之间可积极开展经济、水资源方面的合作,如天山经济带之间实施多领域协作,塔里木河流域各地州间和谐分水等,协调推动各地州产业结构的合理化变迁,促进用水效率的提高,实现水资源利用与经济社会发展良性发展的目标。

4 结 论

a. 使用一种方法对产业发展和用水量关系进行分析可能存在问题,应根据研究地区条件的不同,选择合适的方法进行研究。

b. 新疆在研究年限内人均用水量与人均 GDP 适配情况较好,其中 2013—2014 年情况最好,2009—2010 年情况较差。相对而言,阿勒泰地区情况较差,在 2009—2010 年和 2017—2018 年出现负适配情况。

c. 新疆各产业用水量与 GDP 产值关系存在较大差异。新疆前期农业单位面积平均用水量与 GDP 适配状态较好,万元工业增加值用水量与工业增加值的适配情况较差,各地州第三产业用水量与

GDP 适配关系随时间变化差异较大,应提高水资源利用效率。

参考文献:

- [1] 雷川华,吴运卿.我国水资源现状、问题与对策研究[J].节水灌溉,2007(4):41-43. (LEI Chuanhua, WU Yunqing. Current situation, problems and countermeasures of water resources in China[J]. Water Saving Irrigation, 2007(4):41-43. (in Chinese))
- [2] 王康.基于IPAT等式的甘肃省用水影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(6):148-152. (WANG Kang. Analysis of impact factors of water use based on IPAT equation for Gansu Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(6): 148-152. (in Chinese))
- [3] 焦士兴,王安周,李青云,等.河南省城镇化与水资源耦合协调发展状况[J].水资源保护,2020,36(2):21-26. (JIAO Shixing, WANG Anzhou, LI Qingyun, et al. Study on coupling and coordinated development of urbanization and water resources in Henan Province [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(2): 21-26. (in Chinese))
- [4] 韩琴,孙才志,邹玮.1998—2012年中国省际灰水足迹效率测度与驱动模式分析[J].资源科学,2016,38(6):1179-1191. (HAN Qin, SUN Chaizhi, ZOU Wei. Grey water footprint efficiency measure and its driving pattern analysis on provincial scale in China from 1998 to 2012[J]. Resources Science, 2016, 38(6): 1179-1191. (in Chinese))
- [5] 韩文艳,陈兴鹏,张子龙.基于脱钩理论的城市水资源利用与经济增长关系研究[J].水土保持通报,2017,37(5):140-145. (HAN Wenyan, CHEN Xingpeng, ZHANG Zilong. Research on relationship between urban water use and economic growth based on decoupling analysis theory [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5):140-145. (in Chinese))
- [6] 彭虹,黄攀攀,张万顺,等.重庆市农业用水量与农业经济发展脱钩程度的时空变化[J].水资源保护,2020,36(2):13-20. (PENG Hong, HUANG Panpan, ZHANG Wanshun, et al. Spatial-temporal change characteristics of decoupling between agricultural water consumption and agricultural economic development in Chongqing[J]. Water Resources Protection, 2020, 36(2): 13-20. (in Chinese))
- [7] 贾莉,刘彦花,沈怡静.水资源利用与经济发展脱钩分析:以广西北部湾经济区为例[J].人民长江,2018,49(2):40-45. (JIA Li, LIU Yanhua, SHEN Yijing. Decoupling analysis between economic development and water resources utilization; case of Beibu Gulf economic zone of Guangxi[J]. Yangtze River, 2018, 49(2): 40-45. (in Chinese))
- [8] 张陈俊,章恒全,陈其勇,等.用水量与经济增长关系的实证研究[J].资源科学,2015,37(11):2228-2239. (ZHANG Chenjun, ZHANG Hengquan, CHEN Qiyong, et al. Empirical research on the relationship between water

use and economic growth[J]. Resources Science, 2015, 37(11): 2228-2239. (in Chinese))

- [9] 朱薇,周宏飞,柴晨好.哈萨克斯坦水资源与人口、GDP的时空匹配研究[J].灌溉排水学报,2019,38(12):101-108. (ZHU Wei, ZHOU Hongfei, CHAI Chenhao. Study on the Spatial-temporal matching of water resources with population, GDP in Kazakhstan [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(12): 101-108. (in Chinese))
- [10] 廉耀康,柳小龙,周润田,等.黑河出口口径流与源区降水特征及匹配度分析[J].人民黄河,2019,41(7):14-17. (LIAN Yaokang, LIU Xiaolong, ZHOU Runtian, et al. Matching degree and characteristics of runoff from mountainous watershed and precipitation in the source areas of Heihe River[J]. Yellow River, 2019, 41(7): 14-17. (in Chinese))
- [11] 郝林钢,左其亭,韩春辉,等.“一带一路”沿线分区用水结构与产业结构的分析比较[J].干旱区研究,2019,36(1):44-51. (HAO Lingang, ZUO Qiting, HAN Chunhui, et al. Water consumption and industrial structure in different regions along the “Belt and Road” [J]. Arid Zone Research, 2019, 36(1): 44-51. (in Chinese))
- [12] 郝林钢,左其亭,刘建华,等.“一带一路”中亚区水资源利用与经济社会发展匹配度分析[J].水资源保护,2018,34(4):42-48. (HAO Lingang, ZUO Qiting, LIU Jianhua, et al. Analysis of matching degree between water resource utilization and economic-social development in Central Asia area of “Belt and Road” [J]. Water Resources Protection, 2018, 34(4): 42-48. (in Chinese))
- [13] ZHANG Zhiping, XIA Fuqiang, YANG Degang. Spatiotemporal characteristics in ecosystem service value and its interaction with human activities in Xinjiang, China [J]. Ecological Indicators, 2020(110): 105826.
- [14] 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): 100-151.
- [15] 左其亭,赵衡,马军霞,等.水资源利用与经济社会发展匹配度计算方法及应用[J].水利水电科技进展,2014,34(6):1-6. (ZUO Qiting, ZHAO Heng, MA Junxia, et al. A calculation method and its application on the matching degree of the water resources utilization and socioeconomic development[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2014, 34(6): 1-6. (in Chinese))
- [16] 孙琦,吴正平,胡洪波,等.资源型缺水城市退耕还水政策运行及优化:基于乌鲁木齐县“压粮节水”生态补偿机制调查[J].地方财政研究,2016(9):74-79. (SUN Qi, WU Zhengping, HU Hongbo, et al. Operation and optimization of the policy of returning farmland to water in resource-based water-scarce cities: based on the investigation of the ecological compensation mechanism of “pressing grain and saving water” in Urumqi [J]. Sub

- National Fiscal Research,2016(9):74-79. (in Chinese))
- [17] 边际. 克拉玛依市转型的探索与实践 解读“632”发展战略[J]. 中亚信息, 2013(10): 8-15. (BIAN Ji. Exploration and practice of the transformation of Karamay City interpretation of “632” development strategy [J]. Central Asia Information,2013(10):8-15. (in Chinese))
- [18] 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. (WU Dan. Evaluation and prospect on the decoupling trend of economic development and water resource utilization in China[J]. Journal of Natural Resources,2014,29(1):46-54. (in Chinese))

(收稿日期:2020-06-27 编辑:王 芳)

(上接第 20 页)

- [37] 唐小燕. 回流人工湿地对毒死蜱等农药去除途径和生物降解机制研究[D]. 广州:暨南大学,2017.
- [38] 张利,刘红玉,曾光明,等. 一株毒死蜱降解菌的分离鉴定及降解性能研究[J]. 环境工程学报,2008,2(10): 1421-1424. (ZHANG Li,LIU Hongyu,ZENG Guangming, et al. Isolation, identification and degradation of chlorpyrifos [J]. Journal of Environmental Engineering, 2008,2(10):1421-1424. (in Chinese))
- [39] SUBRAMANIAN M, KANNAN A. Photocatalytic degradation of phenol in a rotating annular reactor [J]. Chemical Engineering Science,2010,6:2727-2740.
- [40] YAMASHITA H, HARADA M. Photocatalytic degradation of organic compounds diluted in water using visible light-responsive metal ion-implanted TiO₂ catalysts: Fe ion-implanted TiO₂ [J]. Catalysis Today, 2003, 84 (3/4): 191.
- [41] WALIA S, DUREJA P, MUKERJEE S K. New photodegradation products of chlorpyrifos and their detection on glass, soil, and leaf surfaces[J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1998, 17

(2):183-188.

- [42] 丁蕊,赵峰. 光催化耦合微生物同步降解污染物[J]. 化学进展, 2017, 29(9): 1154-1158. (DING Rui, ZHAO Feng. Simultaneous degradation of pollutants by photocatalytic coupled microorganisms [J]. Chemical Progress,2017,29(9):1154-1158. (in Chinese))
- [43] MARSOLEK M D, TORRES C I, MARTINA H, et al. Intimate coupling of photocatalysis and biodegradation in a photocatalytic circulating-bed biofilm reactor [J]. Biotechnology & Bioengineering,2008,101(1):83-92.
- [44] 熊厚锋. 可见光催化氧化—生物降解直接耦合技术降解四环素废水的效能与作用机制[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [45] ZHANG Y, LIU H, SHI W X, et al. Photobiodegradation of phenol with ultraviolet irradiation of new ceramic biofilm carriers[J]. Biodegradation,2010,21(6):881-887.
- [46] ZHANG Yongming, WANG Lei, RITTMANN B E. Integrated photocatalytic-biological reactor for accelerated phenol mineralization [J]. Applied Microbiology and Biotechnology,2010,86(6):1977-1985.

(收稿日期:2020-06-01 编辑:王 芳)

· 征稿启事 ·

“粤港澳大湾区水问题研究”专题征稿启事

粤港澳大湾区是我国开放程度最高、经济活力最强的区域之一,在国家发展大局中具有重要战略地位。2015年,国家发展改革委员会、外交部和商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》,其中明确提出了“打造粤港澳大湾区”,而加强粤港澳大湾区水资源调度与管理、水环境污染治理,保障水资源、水环境安全,是粤港澳大湾区城市群可持续发展的前提和基础。在此背景下,《水资源保护》编辑部发起“粤港澳大湾区水问题研究”专题征稿活动。编辑部特邀中山大学陈晓宏教授、广东省水利水电科学研究院邱静教授级高工、华南理工大学黄国如教授担任“粤港澳大湾区水问题研究”专题主持人,欢迎相关专家学者们积极参加讨论,踊跃投稿。

一、征稿范围:粤港澳大湾区水资源调度与管理、饮用水水源地建设等水资源安全保障研究;粤港澳大湾区河湖系统治理、防洪(潮)排涝体系建设、河口水文水资源监测;粤港澳大湾区江河污染治理、污染物排放总量控制;粤港澳大湾区海洋资源环境保护研究;粤港澳大湾区重要江河水环境保护和水生生物资源养护研究;粤港澳大湾区重污染河流系统治理、城市黑臭水体环境综合整治、绿色生态水网构建;粤港澳大湾区农业面源污染问题研究;粤港澳大湾区其他水问题研究。

二、征稿时间:即日起至2021年6月30日

三、论文格式与投稿网址:同《水资源保护》正刊文章,具体要求见 <http://jour.hhu.edu.cn/szybh/ch/index.aspx>。投稿时请注明“粤港澳大湾区水问题研究”专题征稿。

本刊编辑部