

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2018.04.08

“一带一路”中亚区水资源利用与经济社会发展匹配度分析

郝林钢¹, 左其亭¹, 刘建华², 韩春辉¹, 马军霞¹

(1. 郑州大学水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学管理工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要:统计1997、2002、2007和2014年中亚区5国水资源利用(总用水量、农业用水量、工业用水量、生活用水量)和经济社会(人口、GDP)数据,采用基于数列的匹配度计算方法,分别计算了中亚各国水资源利用与经济社会发展在时间和空间上的匹配度。结果表明:1997—2014年中亚地区水资源利用与经济社会发展的时间匹配度呈先上升后下降的趋势;空间匹配度从大到小依次为:塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦;水资源利用-GDP的匹配度略高于水资源利用-人口的匹配度,工业用水量与经济社会发展的匹配度略高于总用水量、农业用水量、生活用水量与经济社会发展的匹配度。

关键词:“一带一路”; 中亚; 水资源利用; 经济社会发展; 匹配度

中图分类号:TV213.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2018)04-0042-07

Analysis of matching degree between water resource utilization and economic-social development in Central Asia area of “Belt and Road”

HAO lingang¹, ZUO Qiting¹, LIU Jianhua², HAN Chunhui¹, MA Junxia¹

(1. School of Water Conservancy & Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. School of Management Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The water resources utilization data including total water use, agricultural water use, industrial water use, and domestic water use and economic-social data including population and GDP of five Central Asia countries in 1997, 2002, 2007, and 2014 were calculated by using a calculation method of matching degree based on the data sequence. The matching degree between water resource utilization and economic-social development in Central Asia countries was calculated in time and space. The results indicate that: overall, from 1997 to 2014, the time matching degree between water resource utilization and economic-social development in Central Asia increases first and then decreases; in space, the matching degree of water resource utilization and economic-social development in Central Asia is Tajikistan, Kyrgyzstan, Turkmenistan, Uzbekistan, and Kazakhstan from large to small; the matching degree between water resource utilization and GDP is slightly higher than that between water resource utilization and population. The matching degree between industrial water use and economic-social development is slightly higher than that between other water use and economic-social development.

Key words: “Belt and Road”; Central Asia; water resource utilization; economic-social development; matching degree

基金项目:国家自然科学基金(51779230);郑州大学重大科技项目培育基金(2015ZDPY011)

作者简介:郝林钢(1991—),男,硕士研究生,研究方向为水文学及水资源。E-mail: haolingang1991@126.com

通信作者:左其亭,教授。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

“一带一路”是我国政府提出的国际合作倡议,包括“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”,共有五大走向(中国-中亚、俄罗斯-欧洲、波罗的海和中国-中亚、西亚-波斯湾、地中海),其中有两大走向均涉及中亚地区^[1]。中亚是“一带一路”从我国西北“走出去”的第一站,具有重要的战略地位。然而,中亚存在以跨界水冲突为主的各类水问题^[2-4],水资源制约了经济社会的发展,有可能阻碍“一带一路”倡议顺利实施。

目前国内有关中亚水资源的研究,多以跨界水冲突等水问题的定性研究为主,如姚海娇等^[3]从水量、水质和水资源利用等方面综述了中亚跨界水问题,邓铭江等^[4]介绍了中亚跨界水资源利用问题,仅部分研究者对中亚水土匹配关系进行了定量分析^[5]。国外相关研究中虽然存在定量分析,但主要集中在气候变化对水循环的影响和流域水环境等方面^[6-7],对中亚水资源与经济社会匹配关系进行分析的较少。目前对水资源与经济社会发展关系的研究主要集中在匹配、协调、和谐等方面^[8-12],匹配分析属于基础性研究,多采用洛伦茨曲线和基尼系数进行评价^[11-12],也有研究者提出新的方法,如左其亭等^[8]于 2014 年提出了基于数列的匹配度计算方法,并对实例区时间和空间上水资源利用与经济社会发展的匹配度进行计算分析。

已有有关中亚水资源研究远不能满足为“一带一路”中亚区提供指导的需求,迫切需要加强水资源与经济社会相互关系的研究。鉴于此,本文对“一带一路”中亚区水资源利用与经济社会发展的匹配程度进行了时空分析,为解决中亚地区水问题、保障“一带一路”倡议实施提供借鉴和指导。

1 “一带一路”中亚区概况

中亚地处东西方的交汇处,一般指哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦 5 国,经济社会发展相对比较落后,全部为中等收入国家,2016 年 5 国人均 GDP 分别为 7 510、2 111、6 389、1 077 和 796 美元,农业在中亚经济发展中占有重要的地位,同时也是水资源利用大户,除哈萨克斯坦外,其余国家农业用水量占总用水量的比例均在 90 % 以上。

左其亭等^[13-15]在大量研究的基础上,划定了“一带一路”主体路线,考虑沿线水资源、经济社会情况,绘制出“一带一路”主体水资源区。如图 1 所示,本文的研究区并非整个中亚地区,而是中亚 5 国在“一带一路”主体水资源区范围内的部分地区。其经纬度范围为 56°34'E ~ 87°19'E,35°08'N ~ 55°26'N,包

括吉尔吉斯斯坦全国,哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和土库曼斯坦 60 % 左右的国土面积,塔吉克斯坦 20% 左右的国土面积。区域内地形以丘陵和山地为主,土地利用类型以耕地和草地为主,二者占全区域面积的比例大于 40 %。主要气候类型为温带大陆性气候,多年平均气温在 5 ~ 10℃ 之间,多年平均降水量低于 200 mm^[16]。

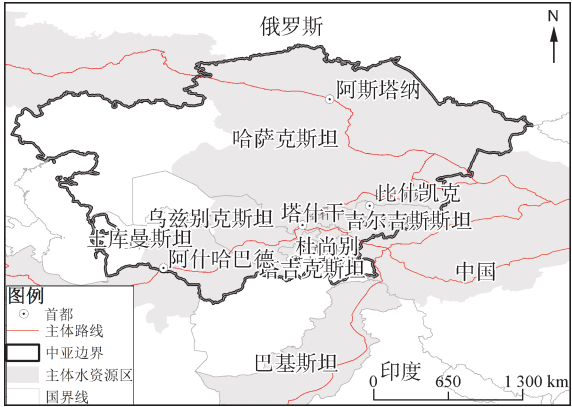


图 1 “一带一路”中亚区概况

2 研究方法数据来源

2.1 基于数列的匹配度计算方法

基于数列的匹配度计算方法由左其亭等^[8]于 2014 年提出,该方法可以对两种变量之间的匹配关系直接进行定量分析,已在水资源利用与经济社会发展的时间和空间匹配度研究中得到了应用。参考文献[8],本文所采用的基于数列的匹配度计算方法如下:假定研究区分为 K 个单元,分析变量 X 和 Y 的匹配度, (x_k, y_k) 为第 k 个子单元变量 X 和 Y 的值,则空间上的匹配度可按式(1)计算;假定研究时段可分为 T 个时段,分析变量 X 和 Y 的匹配度, (x_t, y_t) 为第 t 个时间段变量 X 和 Y 的值,则时间上的匹配度可按式(2)计算。

$$a_k = 1 - \frac{|r_k - s_k|}{\max(r_k, s_k) - \min(r_k, s_k)} \quad (k = 1, 2, \cdots, K)$$

(1)

$$\text{其中} \quad r_k = \frac{x_k}{\sum_{k=1}^K x_k} \quad s_k = \frac{y_k}{\sum_{k=1}^K y_k}$$

$$a_t = 1 - \frac{|r_t - s_t|}{\max(r_t, s_t) - \min(r_t, s_t)} \quad (t = 1, 2, \cdots, T)$$

(2)

$$\text{其中} \quad r_t = \frac{x_t}{\sum_{t=1}^T x_t} \quad s_t = \frac{y_t}{\sum_{t=1}^T y_t}$$

式中: a_k 为第 k 个单元变量 X 和 Y 之间的匹配度; a_t 为第 t 个时间段变量 X 和 Y 之间的匹配度; r_k 为第 k 个单元变量 X 占研究区变量 X 的比例; s_k 为第 k 个单元变量 Y 占研究区变量 Y 的比例; r_t 为第 t 个时间

段变量 X 占研究时段变量 X 的比例; s_t 为第 t 个时间段变量 Y 占研究时段变量 Y 的比例。

参考文献[8]和基尼系数划分标准,确定的基于数列的匹配度评价标准见表1。

表 1 匹配度评价标准

匹配度	匹配评价结果
[0, 0.5)	极不匹配
[0.5, 0.6)	不匹配
[0.6, 0.7)	较匹配
[0.7, 0.8)	相对匹配
[0.8, 1.0]	高度匹配

2.2 数据来源

国土面积、GDP 和人口数据来源于世界银行数据库 (<https://data.worldbank.org.cn/indicator>),总用水量、农业用水量、工业用水量和生活用水量数据来源于世界银行和联合国粮农组织数据库 (<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>)。由于无法获得多年连续的水资源利用数据,本研究取 1997、2002、2007 和 2014 年 4 个年份的水资源利用数据进行水资源利用与经济社会发展的匹配程度分析。考虑到数据的可获得性,GDP、总用水量与耕地、城乡工矿用地存在紧密的联系,人口、工业用水量、生活用水量与城乡工矿用地存在紧密的联系,农业用水量与耕地存在紧密的联系。各个国家主体水资源区内的 GDP、总用水量按照主体水资源区内耕地和城乡工矿用地占全国耕地和城乡工矿用地的比例进行折算,人口、工业用水量和生活用水量按城乡工矿用地占比进行折算,农业用水量按耕地面积占比进行折算。土地利用原始数据来源于欧洲太空局,本文通过 Arc GIS 软件对其进行了提取分析。本文分析中所用到的数据均为中亚各国主体水资源区内的数据。

3 水资源利用与经济社会发展匹配分析

3.1 时间匹配分析

采用基于数列的时间匹配度计算方法,分别计算了中亚 5 国和全区 1997、2002、2007 和 2014 年水资源利用与经济社会发展的匹配度(图 2)。

3.1.1 水资源利用与人口的时间匹配度分析

中亚地区总用水量-总人口的匹配度均呈现先增加后减小的趋势,除土库曼斯坦外,1997 年的匹配水平平均在不匹配及以下,2007 年匹配度达到最大,除吉尔吉斯斯坦外均在相对匹配水平及以上。除土库曼斯坦外,农业用水量-农村人口的匹配度呈现先增加后减小的趋势。各个国家工业用水量-城镇人口、生活用水量-总人口的匹配度变化趋势差异较大,存在先减小后增加、始终减小、先减小后增加

再减小等多种形式。

总用水量-总人口、农业用水量-农村人口变化趋势出现的主要原因是从 1997—2007 年,人口和用水量基本同步增加,匹配度有所提高,自 2007 年以后,水资源无法满足人类生产生活需求,匹配度逐渐下降。工业用水量-城镇人口、生活用水量-总人口的匹配度变化没有明显的规律性,因为城镇人口和总人口不断增长,而工业用水量和生活用水量受用水水平、经济发展程度、生活节水习惯等多种因素影响,随时间的变化具有不确定性。

3.1.2 水资源利用与 GDP 的时间匹配度分析

中亚各国总用水量-GDP 总量和农业用水量-农业 GDP 的总体变化趋势是先增加后减小,2007 年匹配度达到最大值,其中 2007 年中亚各国总用水量-GDP 总量均为高度匹配。对于工业用水量-工业 GDP 的匹配度,土库曼斯坦呈下降趋势,其余各国先增后减。除土库曼斯坦和乌兹别克斯坦外,其余各国生活用水量-GDP 的匹配度先增后减,2007 年达到最大值,均为高度匹配。

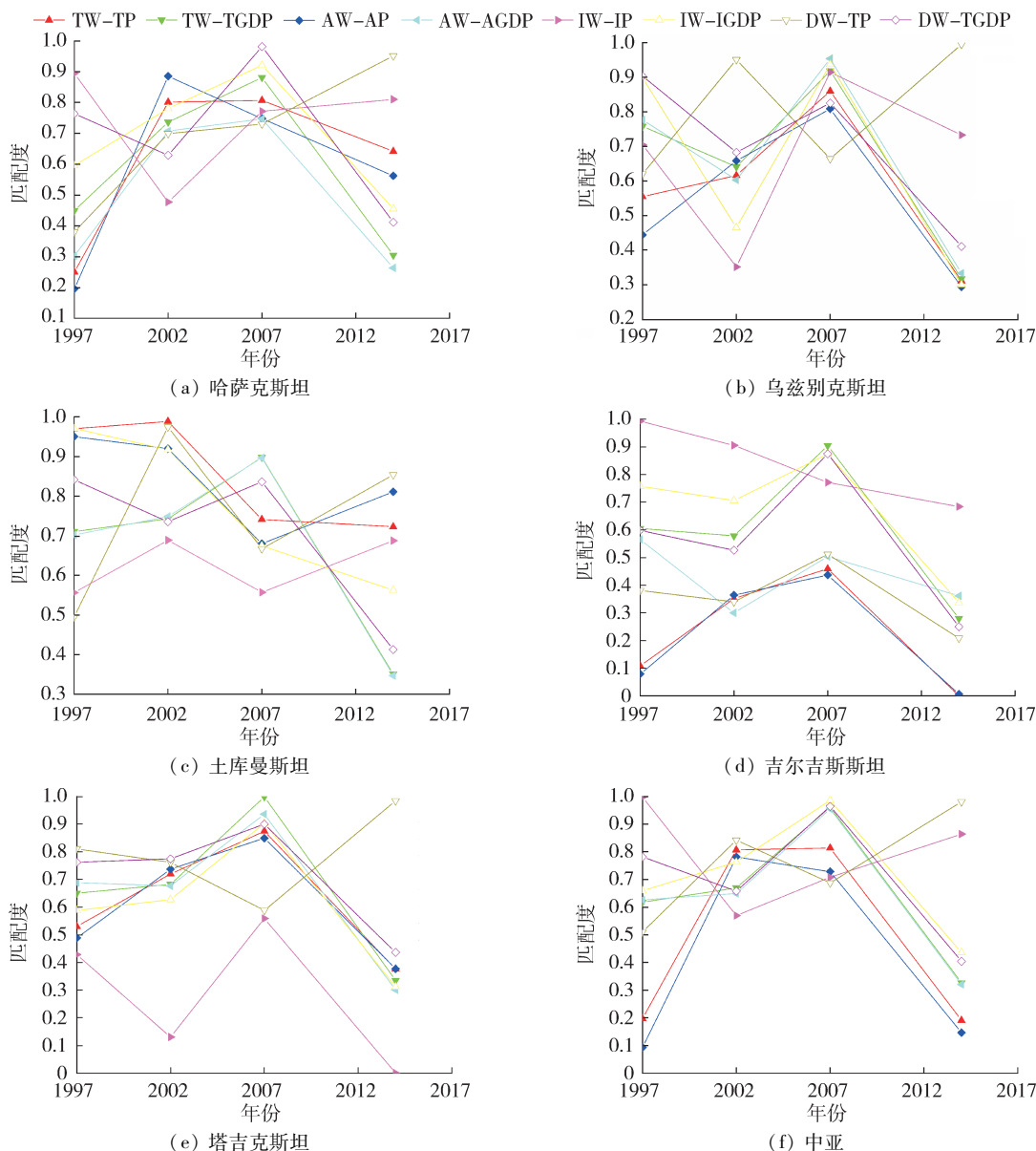
中亚各国农业在三大产业中占有重要地位,同时也是用水大户,一般而言,农业用水量增加,也会带来更高的粮食产量和 GDP 产出,因此农业用水量-农业 GDP 和总用水量-GDP 总量匹配度的变化趋势基本一致。工业用水量-工业 GDP 的匹配度先增后减,是因为 2007 年以前二者基本保持同步变化,其后工业 GDP 增加的比例明显大于用水量增加的比例,可能与工业用水水平的提高有关,而土库曼斯坦工业用水水平较低,用水量增加没有获得同等比例的 GDP 产出,用水-GDP 匹配度有所下降。中亚各国 GDP 总量不断增加,但生活用水量没有表现出同步的变化趋势,因此生活用水量-GDP 的匹配度波动性较大,可能与水资源短缺、生活供水不足有关。

3.1.3 中亚各国时间匹配度的对比分析

通过以上分析可以看出,同一国家不同产业的用水量-经济社会时间匹配度的变化趋势不同,如乌兹别克斯坦农业用水量-农村人口的匹配度先增后减,而工业用水量-城镇人口先减后增,而后又减。同一产业用水量-经济社会时间匹配度的变化情况在各国之间存在差异,如哈萨克斯坦农业用水量与农村人口的匹配度在 2002 年达到最大值,而乌兹别克斯坦在 2007 年达到最大值。

同一国家不同产业之间的差异主要是由于产业用水水平、GDP 产出不同等因素导致的,不同国家之间存在差异的主要原因是各国经济社会发展速度、产业结构等因素不同。

中亚全区水资源利用-经济社会发展匹配度的



注:TW-TP 为总用水量与总人口之间的匹配度;TW-TGDP 为总用水量与 GDP 总量之间的匹配度;AW-AP 为农业用水量与农村人口之间的匹配度;AW-AGDP 为农业用水量与农业 GDP 之间的匹配度;IW-IP 为工业用水量与城镇人口之间的匹配度;IW-IGDP 为工业用水量与工业 GDP 之间的匹配度;DW-TP 为生活用水量与总人口之间的匹配度;DW-TGDP 为生活用水量与 GDP 总量之间的匹配度。

图2 1997—2014年“一带一路”中亚区水资源利用与经济社会发展的时间匹配度变化

变化情况与以上提到的各个国家的主要变化趋势相一致。时间上的匹配度存在两个异常值,2014年吉尔吉斯斯坦总用水量与总人口、塔吉克斯坦工业用水量与工业人口的匹配度为0,因为两种指标在2014年的差异达到了最大值,人口占比为历年最大值,水资源利用量占比为历年最小,一方面可能与数据的时间序列过短有关,另一方面可能与2014年水资源利用效率较高有关。

3.2 空间匹配分析

采用基于数列的空间上的匹配度计算方法,分别计算了1997、2002、2007和2014年中亚5国水资源利用与经济社会发展的空间匹配度(图3)。

3.2.1 水资源利用与人口的空间匹配度分析

除哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦外,从1997—

2014年,中亚各国水资源利用-人口的匹配度波动不大。从1997—2002年,哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦总用水量-总人口、农业用水量-农村人口、生活用水量-总人口的匹配度明显下降,由较匹配及以上水平变为极不匹配,此后维持在较低水平,对于工业用水量-城镇人口的匹配度,哈萨克斯坦处于较匹配水平,乌兹别克斯坦为高度匹配。

空间匹配度变化较小主要是因为用水和人口的空间分布格局基本保持不变。哈萨克斯坦用水量-人口匹配度较低主要是该国用水量和人口在中亚地区的占比呈现相反的变化趋势,如从1997—2002年,哈萨克斯坦人口占中亚总人口的比例从28.6%增加为44.6%,而用水量占比从28.2%下降到18.4%,这可能与哈萨克斯坦经济结构转变、用水效

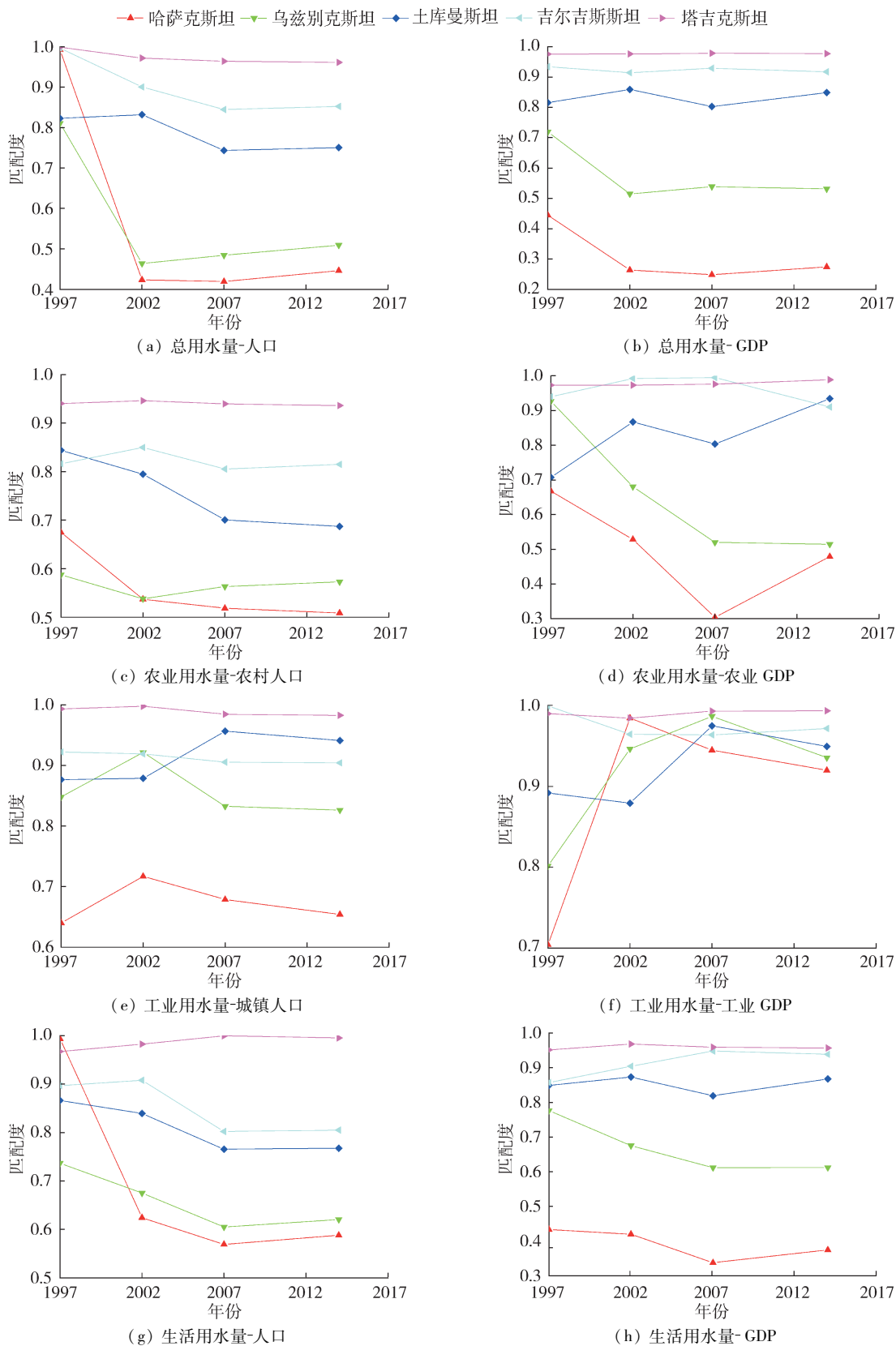


图3 1997—2014年“一带一路”中亚各国水资源利用与经济社会发展的空间匹配度变化

率提高有关。乌兹别克斯坦用水量-人口不匹配的主要原因是用水量占比基本不变,而人口占比显著下降。

3.2.2 水资源利用与GDP的空间匹配度分析

中亚各国用水量-GDP的匹配度变化趋势与用

水量-人口基本一致,匹配度区间略有差异。

中亚各国工业用水量-GDP的空间匹配度始终处于相对匹配及以上水平,说明中亚各国工业分布格局相对稳定。哈萨克斯坦空间匹配度变化最显著,总用水量-GDP总量、农业用水量-农业GDP、生

活用水量- GDP 长期处于不匹配及以下水平,主要是由农业用水量较低,农业 GDP、GDP 总量较高导致,如 2007 年哈萨克斯坦农业用水量占中亚的比例约为 15.4%,而 GDP 占比约为 48.0%。

3.2.3 中亚各国空间匹配度的对比分析

总体上看,中亚各国水资源利用与经济社会发展的匹配度从大到小依次为:塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦。

塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦 3 国水资源利用与经济社会发展的空间匹配度长期处于较高水平。除工业用水- GDP 外,哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦的匹配度均较低,但原因相反。从 1997—2002 年,乌兹别克斯坦水资源利用量在中亚占比呈增加趋势,人口和 GDP 占比却有所下降,导致二者的匹配度下降,说明该国水资源利用水平较低,水资源投入与经济社会产出不呈正比。从 1997—2002 年,哈萨克斯坦水资源利用-经济社会发展匹配度明显下降,可能是因为该时期哈萨克斯坦用水量在中亚占比下降,而人口和 GDP 占比增加,2002 年以后,二者的匹配度维持在较低的水平,说明水资源是制约哈萨克斯坦进一步发展的重要因素。

此外,总体而言,中亚各国水资源利用-人口的空间匹配度略低于水资源利用- GDP,说明人口分布相对于水资源利用分布的差异性大于 GDP 分布相对于水资源利用分布的差异性,如 2014 年哈萨克斯坦用水量占中亚总用水量的比例约为 20%,人口占比约为 44%,而 GDP 占比高达 72%。

需要说明的是,虽然总体上中亚水资源利用与经济社会发展在时间上的匹配度低于空间上的匹配度,但时间和空间上的匹配度计算结果之间不具有比较价值,只能说明中亚各国都处于发展期,水资源与经济社会的关系随时间的波动较大,而水资源与经济社会在空间上的关系格局相对比较稳定。

4 匹配优化建议

“一带一路”对中亚水资源利用、经济社会发展既是机遇又是挑战,且机遇大于挑战,一方面,会为中亚各国带来发展机遇,促进经济增长,改善居民生活水平,另一方面,也对水资源提出了更高的要求。结合“一带一路”倡议,针对中亚水资源利用、经济社会发展现状,提出如下建议。

a. 完善水资源管理制度,制定与水资源相适应的国民经济发展规划方案。中亚各国水资源利用与经济社会发展在时间上的匹配度波动性较大,虽然与水资源量随时间变化的不确定性有关,也反映出中亚各国水资源管理规划工作不到位,无法保障相

对稳定的供给。中亚属于干旱区,水资源短期严重,可以采取“以水定城”“以水定地”“以水定人”“以水定产”的思路,根据水资源现状和未来供给能力,制定经济社会发展方案。

b. 妥善处理水争议,制定合理的跨界水资源分配方案和补偿协议。中亚水资源在空间上分布极不均匀,上游国塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦扮演着“水塔”的角色,但经济水平却是中亚地区最为落后的,下游国家经济社会相对发达,水资源制约了进一步发展,在哈萨克斯坦表现最为明显。中亚各国在制定跨界水资源量分配方案时,应将经济补偿、工农农业产品补偿等因素考虑在内,既可以提高水资源利用在空间上的均衡程度,又可以促进区域经济社会的共同发展。

c. 借力“一带一路”,加强国际合作。“一带一路”是国际合作倡议,包括水资源、经贸、人文、基础设施和工农业等各方面的合作,中国是倡议发起国,积累了丰富的治水经验,中亚各国可积极与中国开展水资源方面的合作,借鉴节水型社会建设、人水和谐理念、水资源可持续利用思想和最严格水资源管理制度等经验^[14],引进先进的水资源管理方案、开发利用技术等,解决本区域存在的水问题,保障经济社会持续健康发展,实现水资源利用与经济社会发展匹配的目标。

5 结 语

通过分析“一带一路”中亚区 1997 年、2002 年、2007 年和 2014 年水资源利用与经济社会发展的匹配关系,得出以下主要结论:①从时间上匹配度变化的主要趋势来看,从 1997—2007 年,水资源利用量与人口、GDP 的匹配度有所升高,水资源利用与经济社会发展之间的差异性降低,2007—2014 年,匹配度又呈现下降趋势,说明水资源逐渐无法满足经济社会发展需求;②总体而言,中亚区塔吉克斯坦水资源利用与经济社会发展匹配度最高,哈萨克斯坦匹配度最差,其余国家从大到小依次为:吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦,空间上的差异性主要由各国经济社会发展水平、产业结构不同等造成;③用水量与 GDP 的匹配度略高于用水量与人口的匹配度,在分部门用水上,工业用水量与工业 GDP 的匹配度相对较高。

本文分析了“一带一路”中亚区不同年代水资源利用与经济社会发展在时间和空间上匹配度的差异,反映了其总体变化趋势和现状情况,但由于数据有限,未能进行长序列的分析,结果可能会受到偶然因素的干扰。进一步研究可以考虑对历史数据进行

合理估计,对“一带一路”建设下未来时期的数据进行科学预测,以进行更全面准确的分析。

参考文献:

[1] 国家发展改革委员会,外交部,商务部. 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 [EB/OL]. (2015-03-30) [2017-09-06]. http://www.sdpc.gov.cn/gzdt/201503/t20150328_669091.html.

[2] 杨胜天,于心怡,丁建丽,等. 中亚地区水问题研究综述 [J]. 地理学报,2017,72(1):79-93. (YANG Shengtian, YU Xinyi, DING Jianli, et al. A review of water issues research in Central Asia [J]. Acta Geographica Sinica, 2017,72(1):79-93. (in Chinese))

[3] 姚海娇,周宏飞. 中亚地区跨界水资源问题研究综述 [J]. 资源科学,2014,36(6):1175-1182. (YAO Haijiao, ZHOU Hongfei. A review of transboundary water resources in Central Asia [J]. Resources Science, 2014,36(6):1175-1182. (in Chinese))

[4] 邓铭江,龙爱华,李湘权,等. 中亚五国跨界水资源开发利用与合作及其问题分析[J]. 地球科学进展,2010,25(12):1337-1346. (DENG Mingjiang, LONG Aihua, LI Xiangquan, et al. An analysis of the exploitation, cooperation and problems of trans-boundary water resources in the five Central Asia countries [J]. Advances in Earth Science, 2010,25(12):1337-1346. (in Chinese))

[5] 姚海娇,周宏飞,苏凤春. 从水土资源匹配关系看中亚地区水问题[J]. 干旱区研究,2013,30(3):391-395. (YAO Haijiao, ZHOU Hongfei, SU Fengchun. Water problems based on spatial matching patterns of water and land resources in Central Asia [J]. Arid Zone Research, 2013,30(3):391-395. (in Chinese))

[6] WHITE C J, TANTON T W, RYCROFT D W. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia[J]. Water Resources Management, 2014,28(15):5267-5281.

[7] KARIMOV A K, ŠIMŮNEK J, HANJRA M A, et al. Effects of the shallow water table on water use of winter wheat and ecosystem health: implications for unlocking the potential of groundwater in the Fergana Valley (Central Asia) [J]. Agricultural Water Management, 2014,131:57-69.

[8] 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 socio-economic development [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2014,34(6):1-6. (in Chinese))

[9] 谢永红,张云英. 云南省区域水资源与社会经济协调发

展研究[J]. 水资源保护,2015,31(3):112-114. (XIE Yonghong, ZHANG Yunying. Research on regional water resource and social economy coordinated development in Yunnan province [J]. Water Resources Protection, 2015,31(3):112-114. (in Chinese))

[10] 吴业鹏,袁汝华. 丝绸之路经济带背景下新疆水资源与经济社会协调性评价[J]. 水资源保护,2016,32(4):60-66. (WU Yepeng, YUAN Ruhua. Evaluation of coordination between water resources and economic and social development in Xinjiang in context of Silk Road Economic Belt [J]. Water Resources Protection, 2016,32(4):60-66. (in Chinese))

[11] 刘欢,左其亭. 基于洛伦茨曲线和基尼系数的郑州市用水结构分析[J]. 资源科学,2014,36(10):2012-2019. (LIU Huan, ZUO Qiting. Analysis of water consumption structure in Zhengzhou based on Lorenz curves and Gini coefficients [J]. Resources Science, 2014,36(10):2012-2019. (in Chinese))

[12] 张吉辉,李健,唐燕. 中国水资源与经济发展要素的时空匹配分析[J]. 资源科学,2012,34(8):1546-1555. (ZHANG Jihui, LI Jian, TANG Yan. Analysis of the spatio-temporal matching of water resource and economic development factors in China [J]. Resources Science, 2012,34(8):1546-1555. (in Chinese))

[13] 左其亭,韩春辉,马军霞,等. “一带一路”中国大陆区水资源特征及支撑能力研究[J]. 水利学报,2017,48(6):631-639. (ZUO Qiting, HAN Chunhui, MA Junxia, et al. Water resources characteristics and supporting capacity for the “Belt and Road” in China mainland [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017,48(6):631-639. (in Chinese))

[14] 左其亭,郝林钢,马军霞,等. “一带一路”分区水问题与借鉴中国治水经验的思考[J]. 灌溉排水学报,2018,37(1):1-7. (ZUO Qiting, HAO Lingang, MA Junxia, et al. “Belt and Road” water problem in regionalization and reflections on drawing lessons from China’s water management experience [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018,37(1):1-7. (in Chinese))

[15] 左其亭,韩春辉,郝林钢,等. “一带一路”主体路线及主体水资源区研究[J]. 资源科学,2018,40(5):1006-1015. (ZUO Qiting, HAN Chunhui, HAO Lingang, et al. The main route and the main water resources areas of the “Belt and Road” [J]. Resources Science, 2018,40(5):1006-1015. (in Chinese))

[16] 徐新良,王靓,蔡红艳. “丝绸之路经济带”沿线主要国家气候变化特征[J]. 资源科学,2016,38(9):1742-1753. (XU Xinliang, WANG Liang, CAI Hongyan. Spatio-temporal characteristics of climate change in the Silk Road Economic Belt [J]. Resources Science, 2016,38(9):1742-1753. (in Chinese))

(收稿日期:2018-02-28 编辑:徐 娟)