

文章编号:0559-9350(2017)06-0631-09

“一带一路”中国大陆区水资源特征及支撑能力研究

左其亭^{1,2}, 韩春辉¹, 马军霞¹, 刘静¹

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学 水科学研究中心, 河南 郑州 450001)

摘要: “一带一路”中国大陆区水资源条件及支撑能力, 关系到“一带一路”国家重大战略的顺利实施。基于对我国“一带一路”战略布局的认识, 参考众多文献资料, 划定了“一带一路”中国大陆区主体路线及其主要水资源区范围, 统计和分析了该水资源区的经济社会发展水平、水资源条件及开发利用情况; 采用发展指标与水资源的协调度计算方法, 计算水资源承载指数CC, 以此来定量分析“一带一路”战略实施前后水资源对区域发展的支撑能力。结果表明: (1)“一带一路”主要水资源区共涉及12个省(市、区)、61个水资源三级分区, 总面积达317.14万km², 水资源条件及承载指数存在空间差异; (2)按照现状水资源条件和总体发展趋势, “一带一路”战略实施后的区域整体水资源承载状况相比于实施前呈现下降趋势, 必须对应实施一系列调控措施; (3)总体来看, 支撑能力不足的地区主要集中在中部地带。针对“一带一路”战略实施前后水资源支撑条件的变化结果进行分析, 提出了适应“一带一路”发展的水资源调控对策, 为提高水资源支撑能力、保障国家“一带一路”战略顺利实施提供技术支持。

关键词: “一带一路”; 水资源特征; 支撑能力; 水资源承载指数; 调控对策

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

doi: 10.13243/j.cnki.slxb.20160819

1 研究背景

“一带一路”(the Belt and Road)战略, 即“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”(the Silk Road Economic Belt and the 21st-Century Maritime Silk Road)的合称, 简称“B&R”。其目的在于促进沿线各国经济繁荣与区域经济合作, 加强不同文明交流互鉴, 促进世界和平发展^[1]。该战略是2013年9月和10月由习近平主席在出访中亚和东南亚国家期间提出, 该战略一经提出, 便受到国际社会的广泛关注。随后, 在2013年中国-东盟博览会、2014年亚信峰会、2015年推进“一带一路”建设工作会议、博鳌亚洲论坛和2016年中阿合作论坛第六届部长级会议等, 多次对“一带一路”进行推广和宣传。2015年国家发展改革委员会、外交部、商务部联合发布了《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》^[1]。

我国是世界上相对缺水的国家, 水资源时空分布不均, 部分地区水资源短缺已成为经济社会发展的制约因素^[2-3]。“一带一路”途经范围广、水资源情况复杂, 作为我国未来经济的增长点, 推进“一带一路”经济发展, 可能会在一定程度上给沿线地区的水资源带来更加严峻的压力, 特别是目前沿线地区水资源形势不清晰、水资源支撑能力不明确等问题给相关工作的落实带来了难题, 因此, 开展该区域水资源研究显得急切而重要。

目前, 有关“一带一路”水资源方面的研究成果较少, 且主要是从水资源理论或者单一角度宏观进行研究, 如郭利丹等^[4]分析了我国西北地区、中亚地区和西亚地区等丝绸之路经济带重点区域的水安全问题; 谭雪等^[5]分析了丝绸之路经济带所涉及的12个重点省份的水效率差异性。已有研究中缺

收稿日期: 2016-08-02; 网络出版日期: 2017-06-19

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1882.TV.20170619.1537.006.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(51279183); 郑州大学重大科技项目培育基金项目(2015ZDPY011)

作者简介: 左其亭(1967-), 男, 河南固始人, 教授, 博士, 主要从事水水文水环境与水资源管理研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

乏对“一带一路”中国大陆区整体和分区水资源特征及支撑能力的系统分析。基于此，本文通过对“一带一路”战略布局的理解和大量文献、资料的分析 and 整理，对“一带一路”中国大陆区的主体路线和主要水资源区边界范围进行界定，介绍该水资源区的自然地理及经济社会状况，阐述区域水资源特征，并定量分析水资源对“一带一路”发展的支撑能力。

2 “一带一路”中国大陆区概况

2.1 区域范围及战略定位 通过大量分析和整理国家有关文件和文献资料，确定了“一带一路”中国大陆区的主体路线(如图1)。该路线以中国南部的广西为起点，与海上丝绸之路形成闭合，途径面向南亚和东南亚的辐射中心云南省，向北过贵州到达重庆市，经四川进入陕西与古丝绸之路形成对接，后基本沿古丝绸之路途径陕西、甘肃、宁夏和青海等重点地域，最终于新疆分三条路线直通中亚。河南省中西部地区在地理位置上与古丝绸之路起点西安毗邻，辐射我国中东部地区，是我国中东部地区通往丝绸之路的重要中转地，因此将其纳入主体路线中。内蒙古在“一带一路”中的主要定位是向北的“中蒙俄经济走廊”的重要节点，其西部及西南部(特别是呼包鄂榆城市群)与众多向西的丝路走廊重点区域相连，可以借向西的丝路通道直达中亚、西亚地区，因此其部分地区被纳入到主体路线中。

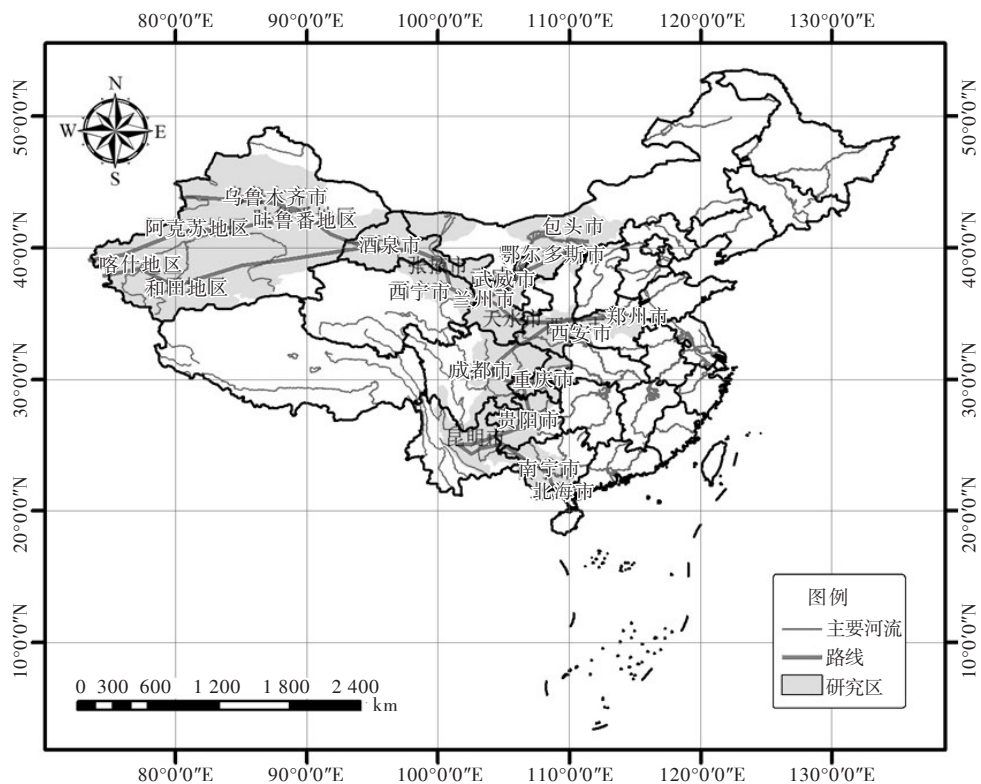


图1 “一带一路”中国大陆区主体路线及主要水资源区范围

为尽可能准确地体现各地区水资源条件及差异性，本文以我国水资源三级分区为基本单元，将该路线所途经的水资源三级分区构成的区域集合视为“一带一路”中国大陆区主要水资源区范围，即本文的研究区(如图1)。经计算，该水资源区总面积为317.14万 km^2 ，相当于我国国土面积的33.04%，共涉及12个省(市、区)、116个地级行政分区，61个水资源三级分区；地理位置处于 $73^{\circ}33'E\sim 115^{\circ}81'E$ ， $21^{\circ}41'N\sim 47^{\circ}24'N$ ，东西、南北方向纵横较大，横跨华南、西南、华中、华北和西北五大区域。

参考国家相关文件及各省(市、区)的发展规划,对研究区12个省(市、区)“一带一路”的战略定位、区域优势及发展规划进行梳理,见表1。

表1 研究区内12个省(市、区)的“一带一路”战略定位、区域优势及发展规划

省(市、区)	战略定位	区域优势	发展规划
广西	21世纪海上丝绸之路与丝绸之路经济带有机衔接的重要门户	与东盟国家陆海相邻,交通便利;国家重点战略扶持地区,资源丰富	加快北部湾经济区和珠江-西江经济带开放发展,构建面向东盟区域的国际通道,打造西南、中南地区开放发展新的战略支点。
云南	面向南亚、东南亚的辐射中心	中国、东南亚、南亚经济圈连接处;南亚、东南亚出口贸易市场集中地;面向三亚、肩挑两洋、通江达海	推进与周边国家的国际运输通道建设,打造大湄公河次区域经济合作新高地。
贵州	连接南北的通道	资源富集、能源充足、人力成本相对较低;黔深欧国际海铁联运班列、中欧班列(贵阳—杜伊斯堡)	积极参与“一带一路”国家战略;加快自身产业发展,推进区域经济合作;加快对外通道、开放口岸、综合保税区建设,打造西部内陆地区开放型经济新高地。
四川 河南 重庆	打造重庆西部开发开放重要支撑和成都、郑州等内陆开放型经济高地	内陆纵深广阔、人力资源丰富、产业基础较好,拥有郑新欧、渝新欧、蓉欧等亚欧专列	依托长江中游城市群、成渝城市群、中原城市群等重点区域,推动区域互动合作和产业集聚发展。加快推动长江中上游地区和俄罗斯伏尔加河沿岸联邦区的合作。建立中欧通道铁路运输、口岸通关协调机制,打造“中欧班列”品牌,建设沟通境内外、连接东中西的运输通道。建设郑州等内陆城市航空港、国际陆港,加强内陆口岸与沿海、沿边口岸通关合作,开展跨境贸易电子商务服务试点。
内蒙古	建设向北开放的重要窗口	联通俄蒙;横跨东北、华北、西北,毗邻8省区;向西、向北通道的必经节点;人力资源丰富、产业基础较好	依托呼包鄂榆城市群,推动区域互动合作和产业集聚发展。
陕西 青海 宁夏 甘肃	面向中亚、南亚、西亚国家的通道、商贸物流枢纽、重要产业和人文交流基地	陕西、甘肃综合经济文化和宁夏、青海民族人文优势	打造西安内陆型改革开放新高地,加快兰州、西宁开发开放,推进宁夏内陆开放型经济试验区建设。
新疆	“丝绸之路经济带核心区”	地处欧亚大陆地理中心,与8个国家接壤,对外口岸多,资源雄厚,航空机场众多,宗教、民族习俗交汇地,向西开放的重要窗口	深化与中亚、南亚、西亚等国家交流合作,形成丝绸之路经济带上重要的交通枢纽、商贸物流和文化科教中心,打造丝绸之路经济带核心区。

2.2 自然地理概况

(1)地形地貌。研究区地势西北高、东南低,在东南部主要由平原丘陵组成,中部则分布着盆地和高原,而西北出口处为新疆高原。整体来看,其地势大部分处于第2级阶梯范围内(以风蚀、冰蚀与流水作用为主的西北干旱地貌区),少部分处于第1级阶梯(以冰蚀、风蚀作用为主的青藏高原高寒地貌区)和第3级阶梯(以流水作用为主的东部季风湿润地貌区)。

(2)水文气象。以祁连山脉、贺兰山和阴山山脉的连线为界,研究区被划分为东南部的季风区和西北部的非季风区,且由于跨域较大,涵盖了亚热带季风气候、温带季风气候和温带大陆性气候,还有少部分区域处于高原气候和高山气候。从干湿对比情况来看,从东南到西北依次处于湿润区、半湿润半干旱区和干旱区。

(3)河流水系。该区内河流水系众多,其中以阴山和贺兰山为界将其分为东南部的的外流区(珠江流域、长江流域、黄河流域、淮河流域)和西北部的内流区(甘蒙内流区、青海内流区、新疆内流区)。从研究区南部开始算起,经过的主要河流有:珠江、长江、黄河、淮河、黑河、疏勒河、塔里木河和伊犁河等。

2.3 经济社会概况 根据全国和各省(市、区)人口普查以及2015年中国统计年鉴的信息,以2014年为基准年,对研究区内经济社会的主要指标数据进行了核算,主要结果见表2。

表2 研究区范围内12个省(市、区)经济社会主要指标对比

指标	广西	云南	贵州	重庆	四川	陕西
人口/万人	2575.31	3117.91	2961.36	2991.00	7492.04	2965.93
地区生产总值/亿元	6369.83	7560.10	6850.18	13477.03	14551.68	11579.17
工业企业资产总值/亿元	5781.75	10299.63	8684.26	14790.35	19560.85	17129.36
农林牧渔业总产值/亿元	1604.44	1925.22	1566.10	1507.15	3002.52	1794.68
指标	河南	甘肃	内蒙古	宁夏	青海	新疆
人口/万人	4891.01	2200.12	1065.28	600.97	445.43	2147.57
地区生产总值/亿元	16635.41	5325.77	4806.89	1941.60	356.99	7536.86
工业企业资产总值/亿元	24064.07	8840.10	7516.79	4921.87	839.13	13630.12
农林牧渔业总产值/亿元	3594.41	1261.02	751.94	314.30	50.76	2230.14

注:表内数据为各省(市、区)在本文划定的研究区范围内的2014年统计值。

3 “一带一路”中国大陆区水资源特征

3.1 水资源条件 “一带一路”水资源区区域跨度大,各地区水资源分布差异明显。基于12个省(市、区)2004—2014年水资源公报信息,在综合考量各地区的水文气象条件及水资源禀赋,参考相关资料,分析核算了研究区范围内12个省(市、区)的水资源条件,即降水总量为14 399.46亿 m^3 ,地表水资源总量为5 369.98亿 m^3 ,地下水资源总量为2 122.56亿 m^3 ,水资源总量为5 547.47亿 m^3 (扣除重复量),具体情况见表3。

表3 研究区范围内12个省(市、区)的水资源条件

单位(亿 m^3)

指标	广西	云南	贵州	重庆	四川	陕西
降水量	1 923.68	1 828.51	1 477.61	922.03	2 399.13	982.52
地表水资源量	826.57	607.83	677.39	491.13	1 287.51	348.18
地下水资源量	298.40	382.03	183.12	88.33	302.02	108.18
水资源总量	826.95	611.74	677.39	491.13	1 288.27	367.42
指标	河南	甘肃	内蒙古	宁夏	青海	新疆
降水量	549.78	980.20	646.35	127.33	494.05	2 068.28
地表水资源量	114.62	195.08	11.21	5.82	118.77	685.88
地下水资源量	86.76	100.60	58.59	20.78	61.53	432.25
水资源总量	166.69	201.70	54.39	7.85	129.42	724.52

注:表内数据为各省(市、区)在本文划定的研究区范围内的2004—2014年平均值。

3.2 水资源开发利用情况 研究区内伴随着大量的水资源开发利用活动。根据2015年中国统计年鉴数据显示,截止到2014年全国水库共计97 735座,水库总库容量8 395.6亿 m^3 ,而研究区范围内12个省(市、区)的总水库数达29 928座,水库总库容达3 600.2亿 m^3 ,分别占全国总数的30.62%和42.88%。

为进一步了解研究区水资源开发利用整体情况,对研究区范围内12个省(市、区)2014年的供用水指标进行计算,结果见表4。

表4 研究区范围内12个省(市、区)2014年的供用水情况

指标	广西	云南	贵州	重庆	四川	陕西
人均水资源量/(m^3 /人)	3 575.34	1 830.67	2970.80	2 030.30	1 786.49	1 093.80
人均用水量/(m^3 /人)	485.44	282.69	237.90	254.32	161.24	198.18
供水总量/亿 m^3	125.02	88.14	70.45	76.07	120.80	58.78
用水总量/亿 m^3	125.02	88.14	70.45	76.07	120.80	58.78
指标	河南	甘肃	内蒙古	宁夏	青海	新疆
人均水资源量/(m^3 /人)	260.56	818.89	460.41	134.75	3 141.79	2 756.28
人均用水量/(m^3 /人)	203.75	427.00	462.15	825.28	91.51	2 201.78
供水总量/亿 m^3	99.66	93.95	49.23	49.60	4.08	472.85
用水总量/亿 m^3	99.66	93.95	49.23	49.60	4.08	472.85

注:表内数据是指各省(市、区)在本文划定的研究区范围内的数据。

3.3 水资源开发利用存在的问题 研究区范围内12个省(市、区)中,人均用水量大于人均水资源量的地区有2个,分别是内蒙古和宁夏,当地水资源量极度匮乏,区域发展对于过境水的依赖性大;河南、甘肃、新疆3区用水量与水资源量比较接近,与可利用量更接近甚至超过可利用量,水资源相对匮乏;其他地区水资源较为充足。此外,从目前公布的统计数据来看,各地区在水资源开发利用方面还存在如下共性问题:(1)工业用水依然浪费严重,重复利用率有待提高;(2)农业用水效率依然较低,灌溉水有效利用系数有待进一步提高;(3)万元GDP耗水量仍比发达国家高出较大。

4 水资源支撑能力研究

4.1 水资源支撑能力计算方法 关于水资源支撑能力的研究,目前有多种计算方法,如水资源支撑指数(WSPI)法^[6]、发展指标与水资源的协调度法^[7]和水资源承载能力法^[8]。各种方法从不同的视角对水资源支撑能力进行定义和计算,其表达的基本观点和思路并无本质差异^[9]。本文为分析“一带一路”中国大陆区水资源支撑能力,探索水资源、人口、经济和耕地灌溉面积等在空间分布上的差异性,拟采用发展指标与水资源协调度的计算方法^[7],计算水资源承载指数 CC ,以此来定量分析研究区的水资源支撑能力。

水资源承载指数 CC 是一个综合指标,综合考虑水资源、经济社会和生态环境的联合作用^[8],反应水资源的自然与社会双重属性^[10]。因此,本文主要从水资源条件及开发利用、经济社会发展和生态环境状况三方面来选取指标,且考虑到各省(市、区)之间在人口和面积上的差异性,最终选取的指标以人均量或单位面积量来表示。具体说明如下:(1)水资源条件及开发利用方面:人均水资源量和人均供水量可以表征水资源条件及其利用情况,其中人均水资源量能够综合反应区域发展的水资源禀赋,人均供水量能够综合反应水资源开发利用程度及客水(过境水)对区域发展的影响和支撑能力;(2)经济社会发展方面:人均GDP和人均耕地灌溉面积可以表征区域发展水平及保障能力,其中人均GDP能够综合反应区域人口的生活和消费水平,人均耕地灌溉面积能够综合反应水资源对粮食生产及农业发展的影响和保障能力;(3)生态环境状况方面:水资源是生态环境的基本和控制性要素,降水和蒸发在不同区域的巨大变化使得单位面积产水量不平衡,进而造成不同地区生态环境空间特征存在显著性差异,因此选取单位面积产水量来表征水资源对区域生态环境的保障能力。综上所述,共选取人均水资源量、人均供水量、人均GDP、人均耕地灌溉面积和单位面积产水量5个指标来综合反应水资源对区域发展的支撑能力。

本文所选指标 j 的承载指数为相对于该指标的全国平均水平设定的,其计算公式表达如下:

$$CC_j = WPCR/OPCR_j \quad (1)$$

$$WPCR = WPC/WPC_0 \quad (2)$$

$$OPCR_j = OPC_j/OPC_{j0} \quad (3)$$

式中: CC_j 为指标 j 计算的某分区承载指数; $WPCR$ 为某分区人均水资源相对数; WPC 为某分区人均水资源量; WPC_0 为全国人均水资源量; $OPCR_j$ 为某分区其它指标 j 相对数; OPC_j 为某分区其它指标 j 实际值; OPC_{j0} 为其它指标 j 全国平均值; j 为指标编号,本文为1、2、3、4,分别指人均供水量、人均GDP、人均耕地灌溉面积和单位面积产水量指标。

指标相对数表示该指标相对于全国平均水平的高低,相对数大于1,则表明该区域指标高于全国平均水平,反之亦然。承载指数 CC_j 表示指标 j 反映的水资源对区域发展的支撑能力,承载指数越大,则水资源对区域发展支撑能力越强,反之亦然。承载指数大于1时,则证明该区域水资源对其发展支撑能力大于全国平均水平;承载指数小于1时,则小于全国平均水平。

对于多个指标(本文选4个指标),再对各指标的承载指数 CC_j 进行集成(本文采用加权方法),计算得到该分区的水资源承载指数 CC 。参考文献[7]和文献[11],考虑研究区总体情况,设定人均供水量、人均GDP、人均耕地灌溉面积和单位面积产水量指标的权重 w_j 分别为:0.25、0.35、0.3和

0.1。由各指标 j 计算某分区水资源承载指数 CC 的公式如下：

$$CC = \sum_{j=1}^4 (w_j \cdot CC_j) \quad (4)$$

考虑到水资源承载指数会因水资源开发利用条件的改变而出现一定的弹性变化，如节水效率提高和外调水量等，会提高或缩减水资源承载指数，参考文献[7]对水资源承载情况分类如下：水资源承载指数 CC 小于等于0.7为极不承载(水资源承载状况极差)，大于0.7而小于等于0.9为不承载(水资源承载状况差)，大于0.9而小于等于1.1为基本承载(水资源承载状况一般)，大于1.1为承载(水资源承载状况较好)。

4.2 2004—2014年计算结果及变化分析 为反映水资源支撑能力多年动态变化趋势，对研究区内12个省(市、区)2004—2014年共11年的水资源承载指数进行计算，结果见表5。从表5中可以看出：(1)12个省(市、区)每个分区在11年内的水资源承载指数呈波动变化趋势，但波动不大，每个分区在11年内的水资源承载情况基本一致，河南、甘肃、内蒙古和宁夏成为历年来水资源支撑能力不足的突出地区，其它省(市、区)的水资源支撑能力结果相对较好。总体来看，这些地区的水资源支撑能力始终保持在一个相对稳定的状态。(2)河南、甘肃、内蒙古和宁夏4个省(区)的水资源承载状况极差，表明水资源对区域发展支撑能力严重不足，对外调水或过境水依赖性较大，水资源已然对区域发展形成了制约。(3)水资源承载状况较好的地区有广西、云南、贵州、重庆、四川、陕西、青海和新疆等8个省(市、区)，说明这些地区的水资源与地区发展相对协调，基本不受水资源短缺的制约，水资源支撑能力相对较大。

表5 研究区范围内12个省(市、区)2004—2014历年水资源承载指数 CC 计算结果

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
广西	2.12	1.67	2.41	1.82	2.74	2.04	1.92	1.90	2.30	2.37	2.35
云南	1.95	1.38	1.59	2.08	1.97	1.56	1.52	1.52	1.34	1.41	1.45
贵州	2.06	1.44	1.63	1.97	1.82	1.59	1.36	1.17	1.36	1.21	1.87
重庆	1.43	1.21	1.02	1.68	1.32	1.16	0.93	1.33	0.99	1.05	1.46
四川	2.16	2.29	1.69	2.10	2.14	2.21	1.88	2.15	2.13	1.95	2.08
陕西	1.22	1.54	1.02	1.36	1.00	1.53	1.47	2.24	1.17	1.14	1.15
河南	0.34	0.36	0.25	0.37	0.27	0.27	0.34	0.29	0.19	0.17	0.23
甘肃	0.64	0.78	0.66	0.77	0.62	0.74	0.65	0.86	0.77	0.80	0.66
内蒙古	0.62	0.57	0.59	0.54	0.57	0.57	0.53	0.58	0.57	0.74	0.60
宁夏	0.19	0.17	0.19	0.19	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17
青海	7.62	8.68	6.89	8.02	6.33	10.12	6.48	8.30	8.18	6.94	8.89
新疆	2.76	2.65	2.81	2.71	2.49	2.61	2.73	2.78	2.41	2.50	2.18

从上述分析可以发现，整个研究区的水资源条件差异明显，水资源支撑能力不足的地区均集中在研究区的中部地带(除陕西南部外)，在地理上存在集中连片现象。这些地区大部分都是一些降水量不多，但人口密度较大，经济又不落后的地区，带来水资源数量与人口、经济发展极不平衡。造成这种现象的原因主要有两方面，一方面是人口数量大，导致人均水资源量明显不足；另一方面是降水量偏少，而用水需求较大。

5 适应“一带一路”战略的水资源调控研究

5.1 “一带一路”战略实施前后水资源支撑条件变化分析 根据全国和各省(市、区)2004—2014年的指标数据变化趋势及发展规划，考虑到国家“一带一路”战略布局，下文仅对研究区2025年相关指标的计算因子变化进行估算。需要说明的是，未来发展预测本身是一个复杂问题，特别是“一带一路”跨区域预测十分困难，本文仅仅是初步研究，作为未来发展的一种情景。如果研究其他年份或其他

更准确的预测，则可通过同样的方法进行计算。

本文预测依据如下：人口的百分比变化估算参考了近期国家卫生计生委的人口预测数据，包括“二胎”政策的影响等；供水量估算参考了全国水资源综合规划及各地区的用水总量红线控制约束；GDP估算参考了全国及各省(市、区)“十三五”规划及“一带一路”发展规划；耕地灌溉面积估算参考了全国及各省(市、区)“十三五”规划及《全国农业可持续发展规划(2015—2030)》；水资源条件及区域面积不变。估算结果表明，与2014年相比，预计到2025年全国人口数将达到14.61亿人，总增长率为6.78%；全国供水量为6750亿 m^3 ，总增长率为10.75%；全国GDP年平均增长率达6.7%；全国耕地灌溉面积增长率达9.9%。据此预测的2025年研究区范围内12个省(市、区)各计算指标值如表6。针对计算的2025年指标值，再计算得到2025年各分区的水资源承载指数 CC ，如表7。

表6 2025年研究区范围内12个省(市、区)计算指标预测值

计算指标	广西	云南	贵州	重庆	四川	陕西
人均水资源量/(m^3 /人)	2 896.15	1 644.43	1 996.60	1 381.18	1 670.97	1 363.86
人均供水量/(m^3 /人)	447.90	378.71	327.20	285.21	211.26	244.86
人均GDP/(元/人)	70 347.72	74 626.73	82 865.49	153 301.71	55 699.23	121 098.99
人均耕地灌溉面积/(hm^2 /人)	0.026 2	0.033 8	0.034 5	0.022 4	0.0213	0.030 0
单位面积产水量/($万 m^3/km^2$)	84.89	24.54	47.11	57.98	53.34	31.16
计算指标	河南	甘肃	内蒙古	宁夏	青海	新疆
人均水资源量/(m^3 /人)	301.64	966.01	436.41	115.48	2 835.09	3 024.38
人均供水量/(m^3 /人)	273.02	399.93	519.12	787.70	126.06	1 695.28
人均GDP/(元/人)	107 401.11	73 146.64	132 797.52	88 902.27	22 794.58	91 063.69
人均耕地灌溉面积/(hm^2 /人)	0.055 3	0.048 3	0.085 4	0.067 2	0.0094	0.213 6
单位面积产水量/($万 m^3/km^2$)	18.89	6.17	1.53	1.67	12.31	5.56

表7 2025年研究区范围内12个省(市、区)的水资源承载指数计算结果及评价结论

分区	水资源承载指数 CC	综合评价结论	分区	水资源承载指数 CC	综合评价结论
广西	2.00	承载	河南	0.18	极不承载
云南	1.12	承载	甘肃	0.77	不承载
贵州	1.30	承载	内蒙古	0.58	极不承载
重庆	0.97	基本承载	宁夏	0.15	极不承载
四川	1.65	承载	青海	6.17	承载
陕西	0.95	基本承载	新疆	1.61	承载

通过对比表5和表7中“一带一路”战略实施前后的水资源支撑能力评价结果，可以得到如下结论：(1)“一带一路”战略实施后，研究区内12个省(市、区)的水资源承载指数整体呈现下降趋势，可见“一带一路”的实施对于沿线地区的水资源具有显著性影响，需要对应采取调控措施；(2)自身水资源条件相对较好的地区，抗压性较强，短期内的经济快速增长对水资源承载指数影响相对较小；(3)自身水资源条件相对较差的地区，注重过快的经济增长会加剧水资源的压力，甚至引起水资源承载指数迅速下降，如重庆和陕西的水资源承载状况由承载变为基本承载。

可见，“一带一路”实施后将对我国沿线地区的水资源支撑能力提出新的挑战：(1)面对呈现持续或突变增长的人口、工业和农业等用水对象，如何寻觅更多水量或采取措施来保障用水安全；(2)针对沿线各地区的水资源条件、管理水平和水利工程建设等巨大差异，如何进行统一的协调管控；(3)经济的带动特别是工业的发展意味着将会加剧耗水、排水，对生态环境保护提出更高要求，如何践行“一带一路”的绿色发展战略是严重挑战。但同时会带来新的机遇：(1)“一带一路”的实施已成为既定的事实，为确保沿线通道的安全，国家必定会加大对沿线周边地区的重视和投入，而水资源安全保障是其中的重中之重，这将有利于遏制、调整和改善沿线地区水资源支撑能力的下降趋势；(2)为支撑“一带一路”发展，国家及沿线省(市、区)会实施一系列的政策调控措施，这将会极大地促进经

济社会产业结构的转型,用水结构、用水效率等也一定会得到转变和加强;(3)沿线各地区水资源条件的差异性可能会有效地促进水权交易市场的形成,使得水多的地区能够通过转让水权获得一定效益,水少的地区可以通过购买水权来缓解水资源压力。

5.2 适应“一带一路”战略的水资源调控 适应“一带一路”战略的水资源调控与传统水资源调控相比,在空间上涉及范围广,是影响十分深远的战略性调控措施,属于超大尺度调控,调控对象也从以往单纯的区域内调控变为区域间甚至跨区域调控。由于沿线各地区差异性明显(城乡差异、经济发展不平衡、工程设施差异、水资源调配差异等),在调控时不仅要做到高度统一性,还要兼顾不同地区不同对象的特殊性。通过对比“一带一路”战略实施前后影响水资源承载指数的变化,结合各地区的实际情况,建议从如下几方面来开展适应“一带一路”的水资源调控工作:

(1)对于水资源支撑能力不足的地区(研究区范围内的河南、甘肃、内蒙古、宁夏分区),面积占整个研究区总面积的25.24%,拥有人口数占26.18%,GDP占29.60%,水资源总量仅占7.76%。水资源与经济社会发展极不协调,急需从如下方面进行调控:①修建地区内部的蓄、引、提、调工程,重点解决水资源时空分布不均问题,但要注意与生态环境建设相协调;②发挥水权和水市场交易作用,从周边水资源充足的地区进行跨流域调水,以丰补贫,均衡管控;③要合理掌控地区发展速度,改变经济增长模式,控制人口增长,奉行“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的原则,做好地区产业和用水结构优化调整,优先发展高效低耗的产业和农业;④充分利用地区自身水资源,提高非常规水的利用,加强水资源管理工作,加大节水力度,从根源上提高用水效率。

(2)对于水资源支撑能力较好的地区(研究区范围内的广西、云南、贵州、重庆、四川、陕西、青海、新疆分区),面积占整个研究区总面积的74.76%,拥有人口数占73.82%,GDP占70.40%,水资源总量占92.24%。水资源条件相对较好,但是仍需要重视如下水资源调控工作:①加强供水工程的修建和完善,应对季节性、区域性和工程型缺水问题;②着重打造节水型社会建设,科学用水;③加强水环境和水生态保护,防治水污染,应对水质型缺水;④做好水资源综合规划、配置及管理工作,解决水资源时空分布、开发利用不平衡现象,保障区域健康可持续发展。

(3)建立“一带一路”沿线水资源安全监测预警机制,倡导“一带一路”绿色发展战略。①开展“一带一路”沿线水资源、水环境和水生态调查,对各地区水安全发展状况及特征进行系统评估;②识别“一带一路”实施后可能影响水资源安全的风险因子,建立水资源安全预警指标,确定预警内容;③创建沿线地区水安全监测预警方法和系统,对水安全风险因子进行实时动态监测,及时做到对警情和警兆的识别、分析和协调控制;④制定一套水资源安全防范措施,应对突发水安全事件。

(4)尽快开展“一带一路”区域水资源调控科技创新研究。①定量辨识“一带一路”区域水资源影响因素,分析水资源空间格局与演变规律;②揭示城镇体系、产业升级与结构、布局变化、虚拟水资源等诸多因素对水资源需求的影响机理,分析研究区内水资源需求的变化趋势;③从供需平衡、人类活动及气候变化影响方面评估水资源安全保障存在的风险。基于和谐调控理念,开展水资源保障风险空间分异及均衡管控研究;④开展水资源一体化配置关键技术研究;⑤构建覆盖“一带一路”区域水资源配置网络系统。

6 结语

本文基于前期资料的分析和总结,初步确定了“一带一路”中国大陆区内的主体路线及主要水资源区范围,共涉及12个省(市、区)、61个水资源三级分区,研究区总面积达317.14万km²,人口总数3.345亿人,东西、南北方向纵横较大,地形地貌各具特色,水文气象差异明显,河流水系众多,各地区经济社会状况也不尽相同。通过对“一带一路”战略实施前后水资源支撑能力的变化进行计算和评估,发现“一带一路”的实施将对区域水资源带来不同程度的影响,对水资源的支撑能力提出了新的挑战 and 机遇。根据相应的计算结果,针对水资源支撑能力不足和水资源支撑能力相对较好的地区分别提出了适应“一带一路”战略发展的水资源调控对策及研究展望,以期能为“一带一路”中国大

陆区内的水资源相关研究提供参考。同时, 本文所开展的“一带一路”中国大陆区水资源研究工作也只是初步的、探索性的和基础性工作, 后续还有很多工作需要进一步深入和完善。

参 考 文 献:

- [1] 国家发展改革委, 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[R]. 2015.
- [2] 刘昌明, 陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [3] 王浩, 秦大庸, 王建华, 等. 区域缺水状态的识别及其多维调控[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 2-7.
- [4] 郭利丹, 周海炜, 夏自强, 等. 丝绸之路经济带建设中的水资源安全问题及对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(5): 114-121.
- [5] 谭雪, 石磊, 王学军, 等. 新丝绸之路经济带水效率评估与差异研究[J]. 干旱区资源与环境, 2016(1): 1-6.
- [6] 李九一, 李丽娟. 中国水资源对区域经济社会发展的支撑能力[J]. 地理学报, 2012, 67(3): 410-419.
- [7] 汪党献, 王浩, 马静. 中国区域发展的水资源支撑能力[J]. 水利学报, 2000(11): 21-26, 33.
- [8] 左其亭, 张培娟, 马军霞. 水资源承载能力计算模型及关键问题[J]. 水利水电技术, 2004(2): 5-8, 11, 94.
- [9] 左其亭, 马军霞, 高传昌. 城市水环境承载能力研究[J]. 水科学进展, 2005(1): 103-108.
- [10] LOUCKS D P, STAKHIV E Z. Sustainable water resource management [J]. Journal of Water Planning and Management, 2000, 126(2): 43-47.
- [11] 邵金花, 刘贤赵. 烟台市经济社会可持续发展的水资源支撑能力研究[J]. 中国农村水利水电, 2007(8): 9-12.

Water resources characteristics and supporting capacity for “the Belt and Road” in China mainland

ZUO Qiting^{1, 2}, HAN Chunhui¹, MA Junxia¹, LIU jing¹

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

2. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Water resources conditions and supporting capacity are related to the smooth implementation of “the Belt and Road” which is one of the major national strategies in China mainland. Based on the understanding of “the Belt and Road” strategic layout that put forward by the Chinese government, and reference to many literatures, this paper delineates the main line and water resource areas of “the Belt and Road” in China mainland. The level of social and economic development, the conditions of water resources and the utilization are summarized in these areas. On this basis, we referenced the calculation method of development index and coordination degree of water resources are referenced to calculate the carrying index of water resources CC, which is used to quantitative analysis of the water resources supporting capacity before and after the implementation of “the Belt and Road”. The results show that: (1) The main water resources areas of “the Belt and Road” involve in 12 provinces (municipalities and autonomous regions) and 61 subareas of the water resources regionalization III with a total area of 3,171,403.91km², where the water resources conditions and carrying indices are different in space. (2) In accordance with the current situation of water resources and the overall development trend, after the implementation of “the Belt and Road”, the carrying index of water resources is trending downward, it is necessary to implement a series of regulatory measures. (3) Overall, the areas with poor water resources supporting capacity are mainly concentrated in the central region. According to the analysis results, the authors put forward the water resources regulatory measures that adapt to the development of “the Belt and Road”, which provide technical support for improving the water resources supporting capacity of “the Belt and Road”, and ensure the smooth implementation of the national “the Belt and Road” strategy.

Keywords: “the Belt and Road”; water resources characteristics; supporting capacity; the carrying index of water resources; regulatory measures

(责任编辑: 王成丽)