

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2018.04.04

“一带一路”分区水资源特征及水安全保障体系框架

左其亭¹, 郝林钢¹, 刘建华², 马军霞¹, 王豪杰¹, 韩春辉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:在研究“一带一路”主体水资源区及分区的基础上,使用美国国家海洋和大气管理局数据库 Climate Data Online 多年平均日降水量站点数据,绘制了“一带一路”多年平均降水量分布图及等值线;以主体水资源区与全国降水量的比值为依据,折算得到分区水资源量;结合“一带一路”水资源特征,分水资源安全、水环境安全、水生态安全、水工程安全、供水保障安全、洪涝防御安全和跨界水安全等7个方面,分析了分区水安全问题,构建了体现“一带一路”特色的水安全保障体系框架。结果表明:“一带一路”降水量呈东南多、中间少、西北适中的分布特征,不同分区降水量等值线疏密程度不同,表明分区降水空间特性存在一定差异;分区水资源量空间分布极不均衡,如东南亚水资源量占全区域的比值高达46.88%,而东非和北非占比均不足1%;“一带一路”分区水安全形势各不相同,欠发达地区水安全问题突出,如中亚和非洲,跨界水安全问题在大多数地区均有所体现。

关键词:“一带一路”;水资源特征;水问题;水安全

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2018)04-0016-06

Characteristics of water resources in “Belt and Road” district and its framework of water security system

ZUO Qiting¹, HAO Lingang¹, LIU Jianhua², MA Junxia¹, WANG Haojie¹, HAN Chunhui¹

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

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

Abstract: Based on the study of the main water resources areas and division of the “Belt and Road”, average annual precipitation distribution map and contour lines of the “Belt and Road” were drawn by using the average daily precipitation site data from the Climate Data Online of the National Oceanic and Atmospheric Administration. Based on the precipitation ratio of the main water resources area to the nation, the regional water resources amount is calculated. Combined with the water resources characteristics of “Belt and Road”, the problem of water safety in the district is analyzed, and the framework of water security system with “Belt and Road” features was constructed from the seven aspects of water resources security, water environment security, water ecological security, water engineering security, water supply security, flood defense security and trans-boundary water security. The results show that: the precipitation of the “Belt and Road” is characterized by the spatial distribution of more in southeast part, less in middle, and moderate in northwest, and the density of contour lines of precipitation in different zones

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:左其亭(1967—),男,教授,博士,博士生导师,主要从事水文学及水资源研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

is different, showing that there are some differences in spatial characteristics of regional precipitation; the spatial distribution of regional water resources is extremely unbalanced, for example, the ratio of water resources in Southeast Asia to the entire region is as high as 46.88%, while that in both East Africa and North Africa are less than 1%; the water security situation varies in the “Belt and Road” sub-districts, and the water security issues, which embodied in most areas, are prominent in underdeveloped areas such as Central Asia and Africa. The trans-boundary water security issues are reflected in most areas.

Key words: “Belt and Road”; water resources characteristics; water issues; water security

“一带一路”是我国基于古丝绸之路,为促进沿线国家发展而提出的重大倡议,体现了我国追求共赢和人类命运共同体的理念^[1]。“一带一路”主体区域横跨亚、欧、非三大洲,包括 50 个国家,其中 39 个国家为发展中国家,使用改善饮用水的人口比例为 100% 的国家仅 11 个,人均水资源量在 3 000 m³ 以下的国家为 23 个。沿线绝大多数国家均存在水资源短缺、供水危机等多种水安全问题。由于横跨经度和纬度范围广,不同区域水资源特征及水安全问题有所不同,有必要进行分区研究。

在“一带一路”水资源相关研究中,部分研究人员以国家为基本单元,将沿线国家按地理版块分区,分析了水资源特点和水安全问题^[2,3];左其亭等^[4,6]先后确定了“一带一路”中国大陆区及全区域的主体路线及主体水资源区,开展了相关研究工作;许长新等^[7]分析了“一带一路”建设背景下,我国应该如何开展周边水外交。在水安全及其保障体系相关研究中,卞戈亚等^[8]总结了美国、新加坡、以色列和日本等国家的供水安全经验及其对我国的启示;江红等^[9]对亚太地区进行了水安全评价;夏军等^[10]对水

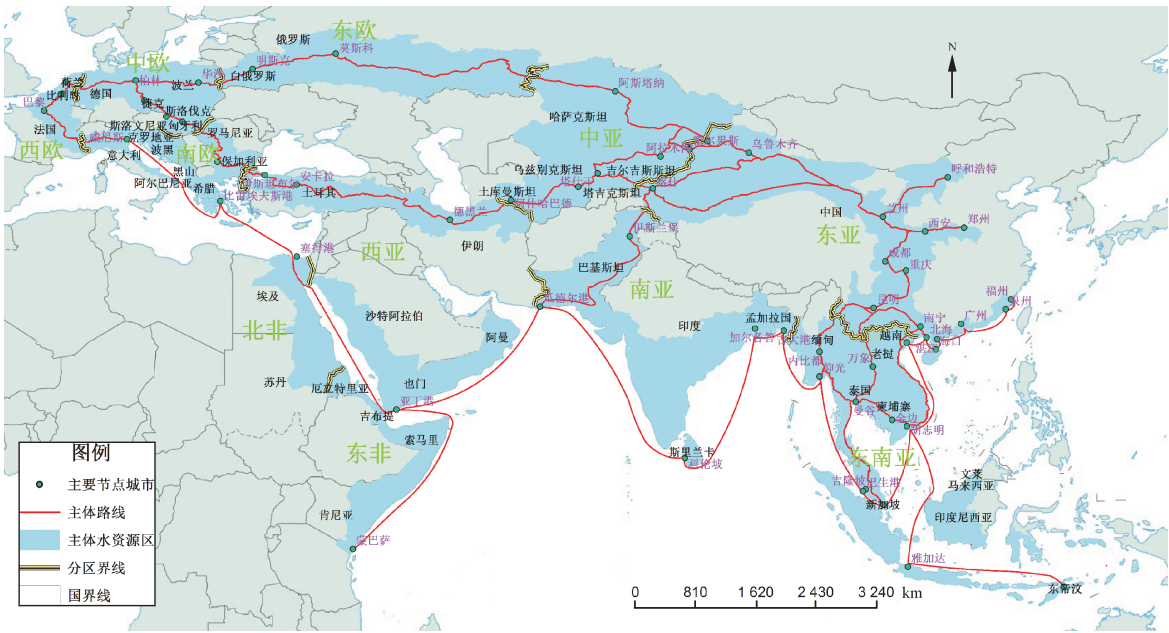
安全的概念进行了总结,对全球和我国水安全问题进行了综述;Taniguchi 等^[11-12]分析了亚太地区水、能源和粮食安全。对于如何保障水安全,研究者大多从水安全问题或水安全保障的需求出发进行阐述^[13],保障体系多是为国家或城市提供指导^[14-17]。作为一个经济合作区域,“一带一路”的水安全保障除了国家内部的自我保障外,更应该体现国际合作的重要作用。

国内外已有研究中,有一些关于“一带一路”水资源特征及水安全问题的研究,但几乎没有“一带一路”主体水资源区及分区水安全问题的研究。本文在前期研究的基础上,分析“一带一路”11 个水资源一级分区的降水量和水资源量特征,总结分区水安全问题,提出“一带一路”水安全保障体系框架。

1 “一带一路”概况及分区

1.1 “一带一路”主体路线与自然地理、经济社会概况

笔者绘制了“一带一路”主体路线(图 1)^[4-6],



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1666 号的标准地图制作。

图 1 “一带一路”主体路线及主体水资源区^[5]

主要依据“五大走向”和“六大国际经济走廊”^[18]。该路线全长约 68 998. 02 km,其中,陆上 3 条,全长约 41 681. 53 km,分别对应五大走向中的中国-中亚-俄罗斯-欧洲、中国-中亚-西亚-欧洲和中国-东南亚-南亚;海上 2 条,全长约 27 316. 49 km,分别对应五大走向中的中国-印度洋-地中海和中国南海-南太平洋。主体路线共涉及 50 个国家,其中亚洲 25 个,欧洲 19 个,非洲 6 个。气温南高北低^[19],北纬 30°以南地区,多年平均气温在 20℃ 以上,降雨东南地区最为丰沛,西南地区最少,区域涉及河流水系众多。“一带一路”主体区域经济社会发展不平衡,人口东南多西北少,东南地区经济社会正处于高速发展期,大部分国家为中等偏下收入国家;西北地区经济最为发达,均为中等偏上收入国家;西南地区经济最不发达,包括索马里和厄立特里亚 2 个低收入国家。

1.2 “一带一路”主体水资源区及分区概况

“一带一路”主体水资源区以主体路线为依托,考虑沿线水系和行政单元完整性而划定,经纬度范围约为 0°04'E ~ 134°53'E,58°57'N ~ 10°55'S,总面积约为 1 877 万 km²。考虑自然地理和水资源差异,将其分为 11 个水资源一级分区,亚洲分为东亚区、西亚区、南亚区、中亚区和东南亚区等 5 个分区,欧洲分为东欧区、中欧区、西欧区和南欧区等 4 个分区,非洲分为东非区和北非区等 2 个分区(图 1),主体水资源区共涉及 50 个国家^[5],各分区涉及的国家见表 1。

表 1 “一带一路”沿线国家^[6]

主体水资源一级区		涉及国家
东亚区	中国	
西亚区	伊朗、土耳其、沙特阿拉伯、也门、阿曼	
南亚区	孟加拉国、巴基斯坦、印度、斯里兰卡	
中亚区	哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦	
东南亚区	新加坡、马来西亚、印度尼西亚、缅甸、泰国、老挝、柬埔寨、越南、文莱、东帝汶	
东欧区	俄罗斯、白俄罗斯	
中欧区	波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、德国	
西欧区	荷兰、比利时、法国	
南欧区	罗马尼亚、保加利亚、希腊、阿尔巴尼亚、意大利、黑山、波黑、克罗地亚、斯洛文尼亚	
东非区	吉布提、索马里、厄立特里亚、肯尼亚	
北非区	苏丹、埃及	

2 “一带一路”分区降水量特征

2.1 资料来源与方法

降水数据来源于美国国家海洋和大气管理局数据库 Climate Data Online(<https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>),下载研究区及其周边 733 个站点的多年平均日降水量,将其导入 ArcGIS 中,使用克里金插值得到研究区的多年平均降水量分布图,然后按照 Arc Toolbox-Spatial Analyst Tools-Surface-Contour 的步骤,绘制多年平均降水量等值线,反映降水量在空间上的变化,见图 2。

2.2 分区降水量空间分布特征

从图 2 可以看出,“一带一路”降水量整体呈东

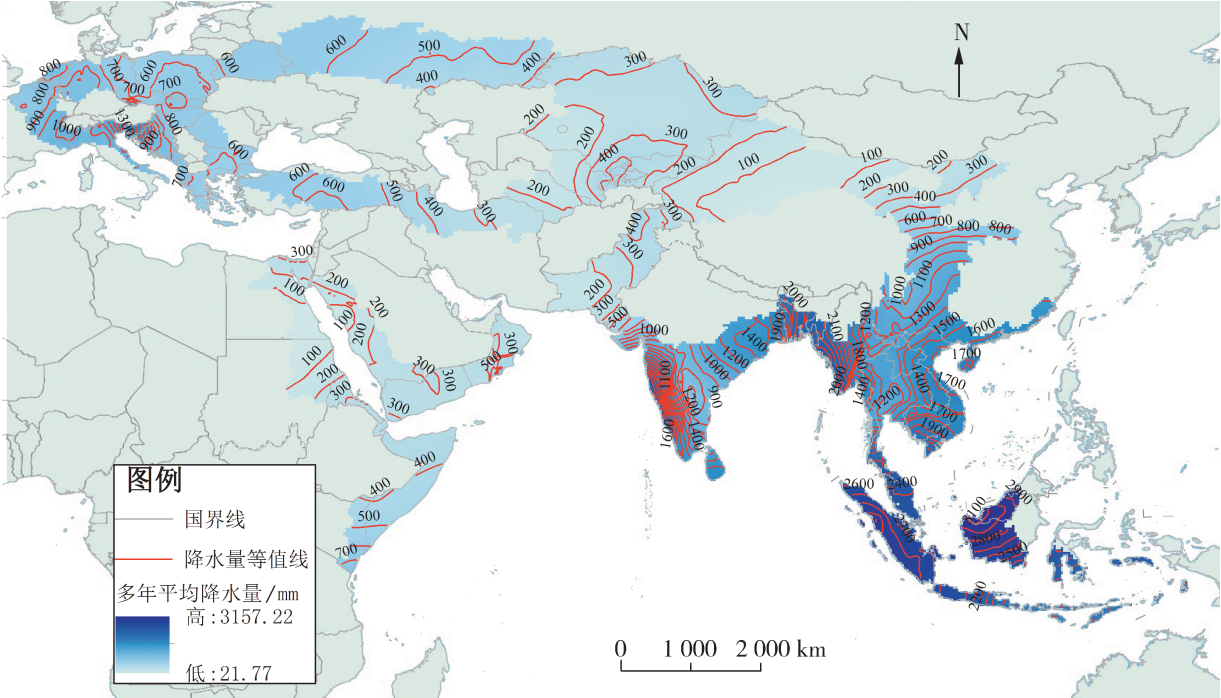


图 2 “一带一路”分区降水量分布图(单位:mm)

南多、中间少、西北适中的分布特征,多年平均日降水量最大值为 3157. 22 mm,最小值为 21. 77 mm,东南亚、南亚大部分地区 and 东亚南部等地区降水量较为丰富,东亚西北部、中亚、西亚和非洲地区在研究区内属于降水量贫乏地区,欧洲降水量处于中等水平。研究区内降水量等值线疏密程度差异较大,说明不同分区不仅在降水量上存在差异,降水空间特性也有所不同:印度西南部、缅甸南部和南欧克罗地亚降水量等值线较为密集,说明降水量空间分布差异大,变化快;东南亚大部分地区、东亚中部和南部、南亚部分地区降水量等值线疏密程度处于中等水平;中亚、西亚、南亚巴基斯坦、欧洲大部分地区 and 非洲的降水量等值线在研究区内较为稀疏,降水量空间变化速度慢,分布较为均匀。

3 “一带一路”分区水资源量

3.1 资料来源与方法

中国主体水资源区的水资源数据根据各地区的水资源公报(2016 年)统计得到。由于数据缺少,对沿线其余国家使用多年平均水资源量数据进行分析,数据来源于联合国粮农组织全球水资源及农业信息系统数据库(<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>),以沿线国家主体水资源区内多年平均降水量与全国多年平均降水量的比值为依据,折算得到沿线国家在主体水资源区内的多年平均水资源量。

3.2 分区水资源量

计算得到的“一带一路”分区水资源量见表 2。从表 2 可以看出,主体水资源区内东南亚水资源量最多,东非最少,其余地区从高到低依次为:南亚、东亚、南欧、东欧、中欧、西亚、西欧、中亚、北非。各分

表 2 “一带一路”分区水资源量

主体水资源一级区	分区水资源(涉及国家的水资源)		主体水资源区内分区水资源	
	总量/亿 m ³	占比/%	总量/亿 m ³	占比/%
东亚区	28 000	14. 83	9341	9. 29
西亚区	3 545	1. 88	2 094	2. 08
南亚区	34 376	18. 21	25 642	25. 49
中亚区	2 276	1. 21	1 645	1. 64
东南亚区	59 166	31. 34	47 158	46. 88
东欧区	45 829	24. 27	4 000	3. 98
中欧区	3 818	2. 02	3 201	3. 18
西欧区	3 203	1. 70	1 768	1. 76
南欧区	7 096	3. 76	5 197	5. 17
东非区	961	0. 51	245	0. 24
北非区	530	0. 28	312	0. 31
合 计	188 800	100	100 603	100

注:表中所指分区仅为各地理分区在“一带一路”主体水资源区范围内的部分。

区国家水资源总量之和占“一带一路”全区域水资源总量的比值与主体水资源区内的分区水资源量占比存在一定的差异,一方面与各个国家在主体水资源区的面积占比有关,另一方面与水资源空间分布不均衡有关,这也说明国家尺度与主体水资源区尺度的“一带一路”水资源研究存在差异,主体水资源区内的研究对支撑“一带一路”建设具有更加直接的意义。

4 “一带一路”水安全问题与保障体系框架

4.1 “一带一路”水安全问题

水安全一词提出较早,但目前仍没有一个得到广泛认可的定义^[10]。考虑水安全属性和“一带一路”跨界河流众多,笔者将水安全分为水资源安全、水环境安全、水生态安全、水工程安全、供水保障安全、洪涝防御安全和跨界水安全等 7 个方面。参考借鉴文献[5]对“一带一路”水问题的研究,笔者对水安全问题进行分析。总体来说,“一带一路”不同分区水资源禀赋和经济社会发展差异较大,存在不同的水安全问题。

东亚以水资源、水环境、水生态、供水保障和跨界水安全问题为主,水资源总量南多北少,人均水资源量较低,南方以水环境和洪涝防御安全问题为主,西北地区以水生态和供水保障安全问题为主,西南和西北地区为多条国际河流的发源地,存在一定程度跨界水安全问题,在西南地区的澜沧江-湄公河上最突出。

西亚以水资源、水环境和供水保障安全问题为主,其水资源短缺,人均水资源量极低,随着人口增多和经济社会发展,污水排放量和河道取用水量增加,河道生态用水被挤占,水环境遭破坏。水资源的天然短缺和人为污染,使得供水问题日益严重,如,也门获得安全饮用水的人口比例仅为 54. 9%。

南亚以水资源、水环境、供水保障、洪涝防御和跨界水安全问题为主。南亚水资源总量并不匮乏,但人口众多,人均水资源量较低,且水资源时空分布不均较为严重。印度作为南亚地区最大的发展中国家,污水排放量较大,这是印度河和恒河污染的主要原因。由于人均水资源短缺、污染严重,南亚各国均存在一定程度的供水保障问题,如,孟加拉国获得安全饮用水的人口比例为 86. 9%,此外,印度与巴基斯坦、孟加拉国分别在印度河和恒河上存在严重的跨界水冲突。

中亚以水资源、水环境、水生态、水工程、供水保障和跨界水安全问题为主。中亚是世界水问题的热点地区,存在一定程度的水资源短缺问题,水资源空间分布不均,与经济社会发展布局不匹配。苏联时期,中亚地区开展有色金属开发,排放了大量污染

物,导致整个中亚地区水污染和水生态问题较为严重,咸海生态危机特别突出。而其水利工程多建设于苏联时期,设施老化严重,运营和管理成本较高。中亚地区还是全球跨界水冲突的热点地区,跨界河流上下游国家在水资源分配上的矛盾特别突出。

东南亚以水工程、供水保障、洪涝防御和跨界水安全问题为主。该地区水安全问题主要由水工程缺乏引起,调蓄水工程缺乏,对洪涝的防御能力较差,引水供水工程不足,且人口多,导致供水保障率较低,存在湄公河、怒江-萨尔温江、元江-红河和独龙江-伊洛瓦底江等4条主要跨界河流,跨界水问题严重,其中湄公河问题最为突出。

欧洲以水资源、供水保障和洪涝防御安全问题为主。水资源短缺问题主要存在于中欧和西欧,除西欧外,其他区域均存在一定程度的供水问题,中欧和南欧受洪灾的影响相对比较严重。

非洲以水资源、水工程、供水保障、洪涝防御和跨界水安全问题为主。该地区水资源总量和人均水资源量较低,且水资源与经济社会发展不匹配,其水安全问题很大程度上是由水工程不足引发的:取水和供水设施不足,引发供水问题;调蓄水工程不足,导致洪涝防御能力极差。此外,在尼罗河的水量分配问题上,埃及与上游国家存在较大的争议。

4.2 支撑“一带一路”的水安全保障体系框架

为解决“一带一路”水资源、水环境、水生态、水工程、供水保障、洪涝防御和跨界水安全等问题,笔者提出了支撑“一带一路”的水安全保障体系框架(图3),包括外交、制度、法律、经济、科技、工程和文化等7个方面。

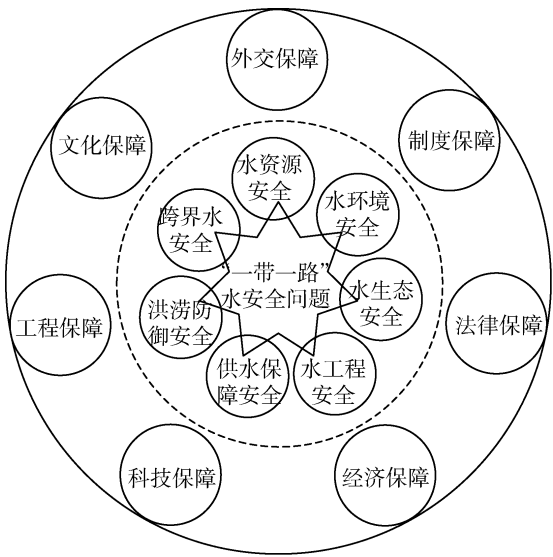


图3 “一带一路”水安全保障体系框架

a. 外交保障,为“一带一路”水安全的实现提供前提。“一带一路”是国际合作倡议,沿线国家

政府换届和对外政策调整等均会对水安全合作及水问题的解决产生影响,外交安全是实现“一带一路”水安全的基础和前提。作为倡议发起国,中国需要对沿线国家的政治和政策稳定性做出科学合理的评估,不断深化与沿线国家的交流合作,保持良好的外交关系。此外,在尊重沿线国家主权独立的基础上,为促进解决沿线国家之间的水冲突献计献策。

b. 制度保障,为“一带一路”水安全提供政策支持。“一带一路”水安全问题的解决,需要跨界河流上下游国家的通力合作,因此制度既包括国家制度,又包括国际合作机制。从国家层面来讲,各个国家,特别是东南亚、非洲等落后地区国家,需要加强与水资源管理经验丰富的国家之间的交流,尽快制定科学合理的水资源管理制度;从国际合作层面来讲,“一带一路”沿线跨界河流多,跨界水冲突问题突出,需要相关国家加强政治互信,在平等的条件下,积极进行磋商,尽快建立相应的交流平台和机制,制定兼顾各方利益的跨界水资源管理体制和机制,解决跨界水冲突问题。

c. 法律保障,为“一带一路”水安全提供约束协调机制。与制度保障类似,法律保障也分为国家内法律保障和国际法律保障两方面。从国家层面讲,水资源管理、水环境保护等法律基础薄弱的国家,应结合本国宪法等已有法律,尽快制定完善的涉水法律法规体系,为保护水安全提供法理依据;从国际层面讲,在尊重当地国家法律的基础上,跨界河流上下游国家可以充分借鉴已有的国际法律和先进经验,制定适合本区域跨界水管理的规范体系。

d. 经济保障,为“一带一路”水安全提供资金支持。“一带一路”水安全问题多的地区,一般经济比较落后。要解决这些地区的水安全问题,资金不足是面临的主要困难,为此,“一带一路”较发达国家可以联合建立基金,为落后国家治水事业发展提供贷款,实现互惠互利。经济保障还包括水市场建设,跨界河流上下游国家可以协商进行水权交易,如上游国家为下游国家提供水资源,下游国家为上游国家提供资金、粮食和能源等方面的补偿。苏联时期,中亚地区上下游国家之间的用水补偿策略是比较成功的案例。

e. 科技保障,为“一带一路”水安全提供技术支撑。建立“一带一路”水资源数据库和监测预警系统,为解决水安全问题提供基础数据,为水安全动态监测预警提供智力支持。此外,国家之间还应该加强人才交流合作,发达国家向落后国家提供技术支持,促进落后国家的水资源高效利用。

f. 工程保障,为支撑“一带一路”水安全提供有力抓手。“一带一路”许多水安全问题是由于缺乏相关工程导致的,如东南亚的供水安全问题,非洲部分地区的水资源短缺问题等,因此,要实施大规模的水利工程建设,包括河湖水系连通工程、污水处理工程、水生态工程、供水工程、防洪工程、灌溉工程和水力发电工程等。

g. 文化保障,为“一带一路”水安全提供民心支持。“一带一路”对外事务中,特别是涉水事务中,应充分尊重当地传统水文化习俗,避免水文化冲突。水文化是治水中的软实力,分区水安全问题的解决,需要不同区域结合自身水资源特点、水安全问题类型、传统文化特征等因素,因地制宜地制定水文化战略,如中亚、西亚等水资源短缺地区,可以大力开展节水教育,提高公民的节水意识。从长远来看,水文化教育可提高全民水素养,为保障水安全夯实民心基础。

5 结 语

a. “一带一路”降水量总体呈东南多、中间少、西北适中的分布特征,降水空间特征在不同分区有所不同,如印度西南部降水量等值线极为稠密,降水在空间上变化快;西亚降水量等值线稀疏,空间分布差异较小。

b. “一带一路”分区水资源量存在较大差异,东南亚水资源量最丰富,占区域水资源总量的比例接近一半;东非占比最低,不足 1%。

c. “一带一路”水安全问题可以分为水资源安全、水环境安全、水生态安全、水工程安全、供水保障安全、洪涝防御安全和跨界水安全等,不同分区主要水安全问题及产生原因不同,如西亚和东南亚均存在供水保障问题,前者是由水资源短缺问题造成,后者由供水设施不足造成。

基于分区降水量、水资源量和水安全问题提出的“一带一路”水安全保障体系框架,充分体现了“一带一路”国际性与合作性的特色。但本文主要从宏观上对“一带一路”分区降水量、水资源量和水安全问题进行分析,旨在为深入细化的研究提供方向性指导,因此可能存在分析不具体的问题,有待进一步展开研究。

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] 李志斐. 水资源安全与“一带一路”战略实施[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2017,17(3):45-53. (LI Zhifei. Water security and the implementation of “One Belt-One Road” strategy [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2017, 17 (3) : 45-53. (in Chinese))

[3] 李明亮,李原园,侯杰,等. “一带一路”国家水资源特点分析及合作展望[J]. 水利规划与设计,2017(1):34-38. (LI Mingliang, LI Yuanyuan, HOU Jie, et al. The characteristics and cooperation prospect of the water resources along the “Belt and Road” [J]. Water Resources Planning and Design, 2017 (1) : 34-38. (in Chinese))

[4] 左其亨,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))

[5] 左其亨,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 experiences [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37 (1) : 1-7. (in Chinese))

[6] 左其亨,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) : 1-5. (in Chinese)) .

[7] 许长新,孙洋洋. 基于“一带一路”战略视角的中国周边水外交[J]. 世界经济与政治论坛,2016(5):110-121. (XU Changxin, SUN Yangyang. Water diplomacy around China based on the “Belt and Road” strategic perspective [J]. Forum of World Economics & Politics, 2016 (5) : 110-121. (in Chinese))

[8] 卞戈亚,陈康宁,戴兆婷,等. 世界供水安全现状及其主要经验对我国供水安全保障的启示[J]. 水资源保护,2014,30(1):68-73. (BIAN Geya, CHEN Kangning, DAI Zhaojing, et al. World water supply security, key experiences, and lessons for China’s water supply security assurance [J]. Water Resources Protection, 2014, 30 (1) : 68-73. (in Chinese))

[9] 江红,杨小柳. 基于熵权的亚太地区水安全评价[J]. 地理科学进展,2015,34(3):373-380. (JIANG Hong, YANG Xiaoliu. Entropy weight-based water security assessment in Asia-Pacific [J]. Progress in Geography, 2015, 34 (3) : 373-380. (in Chinese))

- Normal University (Philosophy and Social Sciences), 2015,36(1):68-74. (in Chinese))
- [11] 唐金荣,张涛,周平,等. “一带一路”矿产资源分布与投资环境[J]. 地质通报,2015,34(10):1918-1928. (TANG Jinrong, ZHANG Tao, ZHOU Ping, et al. An analysis of mineral resources distribution and investment climate in the “One Belt, One Road” Countries. [J]. Geological Bulletin of China,2015,34(10):1918-1928. (in Chinese))
- [12] 闵庆文,成升魁. 全球化背景下的中国水资源安全与对策[J]. 资源科学,2002,24(4):49-55. (MIN Qingwen, CHENG Shengkui. Water research security and countermeasures in China oriented to globalization [J]. Resources Science,2002,24(4):49-55. (in Chinese))
- [13] 左其享. 净水资源利用率的计算及阈值的讨论[J]. 水利学报,2011,42(11):1372-1378. (ZUO Qiting. Discussion on the calculation method and threshold of the net-utilization ratio of water resources [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2011,42(11):1372-1378. (in Chinese))
- [14] 姚成胜,滕毅,黄琳. 中国粮食安全评价指标体系构建及实证分析[J]. 农业工程学报,2015,31(4):1-10. (YAO Chengsheng, TENG Yi, HUANG Lin. Evaluation index system construction and empirical analysis on food security in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2015,31(4):1-10. (in Chinese))
- [15] LOKE M K, LEUNG P S. Hawaii's food consumption and supply sources: benchmark estimates and measurement issues [J]. Agricultural and Food Economics,2013,1(1):1-10.
- [16] TANIGUCHI M, MASUHARA N, BURNETT K. Water, energy, and food security in the Asia Pacific region[J]. Journal of Hydrology:Regional Studies,2017(11):9-19.
- [17] 刘立涛,沈镭,刘晓洁. 能源安全研究的理论与方法及其主要进展[J]. 地理科学进展,2012,31(4):403-411. (LIU Litao, SHEN Lei, LIU Xiaojie. Theories, methods and progress of energy security research [J]. Progress in Geography,2012,31(4):403-411. (in Chinese))
- [18] 左其享,张云,林平. 人水和谐评价指标及量化方法研究[J]. 水利学报,2008,39(4):440-447. (ZUO Qiting, ZHANG Yun, LIN Ping. Index system and quantification method for human-water harmony [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2008,39(4):440-447. (in Chinese))
- [19] 宫景文,刘文超. 2030年非洲粮食问题预测及对中国的影 响[J]. 国土资源情报,2017(8):31-38. (GONG Jingwen, LIU Wenchao. Forecast of Africa's food problems in 2030 and its impacts on China [J]. Land and Resources Information,2017(8):31-38. (in Chinese))

(收稿日期:2018-02-28 编辑:王 芳)

(上接第 21 页)

- [10] 夏军,石卫. 变化环境下中国水安全问题研究与展望 [J]. 水利学报,2016,47(3):292-301. (XIA Jun, SHI Wei. Perspective on water security issue of changing environment in China [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2016,47(3):292-301. (in Chinese))
- [11] TANIGUCHI M, ENDO A, GURDAK J J, et al. Water-energy-food nexus in the Asia-Pacific region [EB/OL]. [2017-06-23]. <http://archives.chikyu.ac.jp/archives/AnnualReport/Viewer.do?id=62&jekbn=J&prkbn=R>.
- [12] TANIGUCHI M, MASUHARA N, BURNETT K. Water, energy, and food security in the Asia Pacific region [J]. Journal of Hydrology:Regional Studies,2017(11):9-19.
- [13] 陈家琦. 水安全保障问题浅议[J]. 自然资源学报,2002(3):276-279. (CHEN Jiaqi. Some observations on the water security and assurance issues [J]. Journal of Natural Resources,2002(3):276-279. (in Chinese))
- [14] 谷树忠,李维明. 关于构建国家水安全保障体系的总体构想[J]. 中国水利,2015(9):3-5. (GU Shuzhong, LI Weiming. General ideas for building national water security system [J]. China Water Resources,2015(9):3-5. (in Chinese))
- [15] 夏军,石卫,王强,等. 海绵城市建设中若干水文学问题的研讨[J]. 水资源保护,2017,33(1):1-8. (XIA Jun, SHI Wei, WANG Qiang, et al. Discussion of several hydrological issues regarding sponge city construction [J]. Water Resources Protection,2017,33(1):1-8. (in Chinese))
- [16] 郝光玲,王烜,罗阳,等. 基于改进的综合评价模型的北京市水资源短缺风险评价[J]. 水资源保护,2017,33(6):27-31. (HAO Guangling, WANG Xuan, LUO Yang, et al. Assessment of water shortage risk in Beijing based on improved comprehensive evaluation model [J]. Water Resources Protection,2017,33(6):27-31. (in Chinese))
- [17] 左其享. 我国海绵城市建设中的水科学难题[J]. 水资源保护,2016,32(4):21-26. (ZUO Qiting. Water science issues in sponge city construction [J]. Water Resources Protection,2016,32(4):21-26. (in Chinese))
- [18] 推进“一带一路”建设工作领导小组办公室. 共建“一带一路”:理念、实践与中国的贡献[EB/OL]. [2017-09-06]. <https://www.yidaiyilu.gov.cn/zchj/jggg/16621.htm>.
- [19] 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 Sile Road Economic Belt [J]. Resources Science,2016,38(9):1742-1753. (in Chinese))

(收稿日期:2018-04-10 编辑:彭桃英)