

“一带一路”沿线国家水资源禀赋及开发利用分析

杨艳昭^{1,2,3}, 封志明^{1,2,3}, 孙 通¹, 汤 峰⁴

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049;

3. 国土资源部资源环境承载力重点实验室, 北京 101149; 4. 河北农业大学国土资源学院, 保定 071001)

摘要: 水资源是基础性的战略资源, 开展“一带一路”沿线国家水资源研究对于促进“一带一路”的科学建设具有重要意义。基于世界银行与联合国粮农组织水资源数据库, 从水资源开发利用角度入手, 分析“一带一路”沿线国家水资源自然禀赋、利用状况, 在此基础上进一步分析水资源开发潜力。结果表明: (1) 从水资源禀赋来看, “一带一路”沿线国家地表水、地下水和水资源总量均以俄罗斯、中国、东南亚和南亚地区相对较高, 中亚、西亚等地区相对较低; 人均水资源量则以中东欧、俄罗斯和东南亚地区较高, 西亚、南亚地区较低; “一带一路”沿线国家外来水依赖率整体表现为跨境河流下游高, 上游及海岛国家低。(2) 就水资源利用而言, “一带一路”沿线国家用水量整体呈现“东多西少”的格局, 人均用水量表现为“中亚最高, 周边较低”的特点; 用水结构亚洲国家多以农业用水为主, 中东欧国家则多以工业用水为主。(3) 水资源开发潜力分析发现, 阿拉伯半岛地区各国水资源开发潜力很低, 中东欧及东南亚地区水资源开发潜力很高。

关键词: “一带一路”沿线国家; 水资源禀赋; 水资源利用; 水资源开发潜力

水资源是人类生存与发展不可或缺的物质基础和关键性的生态环境要素, 不仅关系着经济社会的稳定发展, 也影响着一个国家和地区的生态环境安全^[1-3]。随着全球气候变化、人口大爆炸以及经济社会的日益发展, 水资源正成为一种稀缺资源, 水资源禀赋及其开发利用等问题越来越受到人们的关注, 并成为国内外研究的热点^[4-7]。

“一带一路”建设起源于2013年9月和10月习近平主席出访中亚四国和印度尼西亚时分别提出的建设“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”的构想^[8]。2015年3月国家发改委、外交部和商务部共同发布了《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》, 标志着“一带一路”倡议进入实施阶段, 得到了国内外界的关注和积极响应^[9]。作为一种基础性的自然资源, 水资源在“一带一路”沿线国家经济社会发展中扮演着重要角色^[10]。由于地理区位和气候条件的不同, 沿线国家水资源禀赋存在巨大差异, 水资源问题突出, 特别是水资源相对匮乏的中亚、西亚与中东地区, 水资源利用甚至关乎区域地缘环境的稳定。重视水资源合理开发利用, 不仅是沿线国家社会经济与资源环境协调发展的必然要求, 也是“一带一路”倡议能否得以顺利实施的关键因素^[11]。因此, 开展“一带一路”沿线国家水资源的相关研究具有重要的现实意义。

国内部分学者分别从水资源概况^[12-13]、水外交^[14]、水安全^[15-17]、分区研究^[18-21]等不同视

收稿日期: 2018-11-20; 修订日期: 2019-04-20

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA20010201); 国家自然科学基金项目 (41430861)

作者简介: 杨艳昭 (1977-), 女, 辽宁朝阳人, 博士, 研究员, 主要从事资源开发与区域发展研究。

E-mail: yangyz@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 封志明 (1963-), 男, 河北平山人, 博士, 研究员, 主要从事资源开发与区域发展研究。

E-mail: fengzm@igsnrr.ac.cn

角讨论了“一带一路”沿线国家的水资源问题。不过，由于相关研究起步较晚，上述研究多以战略视角的定性讨论为主，尚未完全揭示“一带一路”沿线国家水资源的数量特征与空间格局等问题。鉴于此，本文从水资源开发利用角度入手，通过收集“一带一路”沿线国家水资源的数量、构成、利用等数据，定量揭示“一带一路”沿线国家国别水资源的资源禀赋、利用状况，揭示沿线国家水资源未来开发潜力，以期为沿线国家实现水资源合理开发利用提供科学依据和决策参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

“一带一路”是一个开放的国际区域经济合作网络，并无严格的空间范围^[9]。本文在参考刘卫东等学者相关研究成果^[9,22-24]基础上，将研究范围确定为包括中国在内的65个国家（表1）。“一带一路”囊括了东亚、东南亚、南亚、中亚、西亚与中东和中东欧等地区，土地面积约0.50亿km²，2016年的人口和GDP分别为46.1亿人、23.5×10¹²美元（按现价），分别占世界总量的61.92%和31.03%。

表1 “一带一路”沿线国家
Table 1 Countries along the Belt and Road

六大区域	主要国别
中蒙俄	中国、蒙古、俄罗斯
中亚	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦
东南亚	越南、老挝、柬埔寨、泰国、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾、缅甸、东帝汶
南亚	印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗、尼泊尔、不丹、斯里兰卡、马尔代夫
中东欧	波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、斯洛文尼亚、克罗地亚、罗马尼亚、保加利亚、塞尔维亚、黑山、马其顿、波黑、阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、立陶宛、拉脱维亚、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦
西亚/中东	土耳其、伊朗、叙利亚、伊拉克、阿联酋、沙特阿拉伯、卡塔尔、巴林、科威特、黎巴嫩、阿曼、也门、约旦、以色列、巴勒斯坦、亚美尼亚、格鲁吉亚、阿塞拜疆、埃及

1.2 数据来源

本文所需要的数据主要包括水资源禀赋分析的沿线国家地表水资源量、地下水资源量、水资源总量和外来水资源量数据，水资源利用研究的总用水量、农业用水量、工业用水量、生活用水量和居民饮用水安全率数据，水资源开发潜力评价的沿线国家降雨量数据，以及各国人口数量和GDP等社会经济发展数据。其中，水资源禀赋数据、水资源利用数据和水资源开发潜力的降雨量数据来源于联合国粮农组织AQUASTAT数据库，社会经济发展数据来源于世界银行数据库。受数据的可得性影响，地表水资源量、地下水资源量、水资源总量、外来水资源量和平均降雨量等数值均为2014年数据；居民饮用水安全率为2015年数据；总用水量、农业用水量、工业用水量和生活用水量为2015年及之前最近年份数据，其中阿富汗、阿尔巴尼亚、格鲁吉亚、老挝、马来西亚、马尔代夫、尼泊尔、摩尔多瓦、叙利亚、乌克兰和阿联酋为AQUASTAT数据库中的估算数据；人口数量、国土面积、GDP均为2016年数据，叙利亚的GDP数据自2007年之后长期缺失，故本文选择国际货币基金组织2010年的估计值进行代替，塞尔维亚与科索沃自治省被世界银行数据库分开统计，本文根据中国现在的外交政策，将科索沃相关数据与塞尔维亚合并计算。

1.3 研究方法

本文以国别为研究单元，首先从水资源禀赋的角度分析“一带一路”沿线各国地表水资源量、地下水资源量、水资源总量、地均水资源量、人均水资源量和外来水资源量的状况及国别差异；其次从水资源利用的角度分析沿线各国用水量、人均用水量、用水结构、居民饮用水安全的特点及国别差异；最后通过计算各国水资源负载指数，分析“一带一路”沿线国家水资源开发潜力。

水资源负载指数表达的是一定区域内水资源与人口和经济发展的关系，能够反映水资源利用程度及判断今后水资源开发难易程度^[25]。由于水资源负载指数计算简便，数据可得性强，已被众多学者广泛应用于全国^[26]、省域^[27]、市域^[28]、县域^[29]等不同尺度的水资源开发利用研究之中，一般采用区域人口、GDP、水资源总量等指标进行表征，计算公式^[25]为：

$$C=k\sqrt{P\times G}/W$$
 (1)

$$k=\begin{cases} 1 & R\leq 200 \\ 1.0-0.1(R-200)/200 & 200<R\leq 400 \\ 0.9-0.2(R-400)/400 & 400<R\leq 800 \\ 0.7-0.2(R-800)/800 & 800<R\leq 1600 \\ 0.5 & R>1600 \end{cases}$$
 (2)

式中：C为水资源负载指数；P为人口数量（万人）；G为国内生产总值（亿美元）；W为水资源总量（亿m³）；k是与降水有关的系数；R为降水量（mm）。

水资源负载指数分级评价标准^[25]见表2。

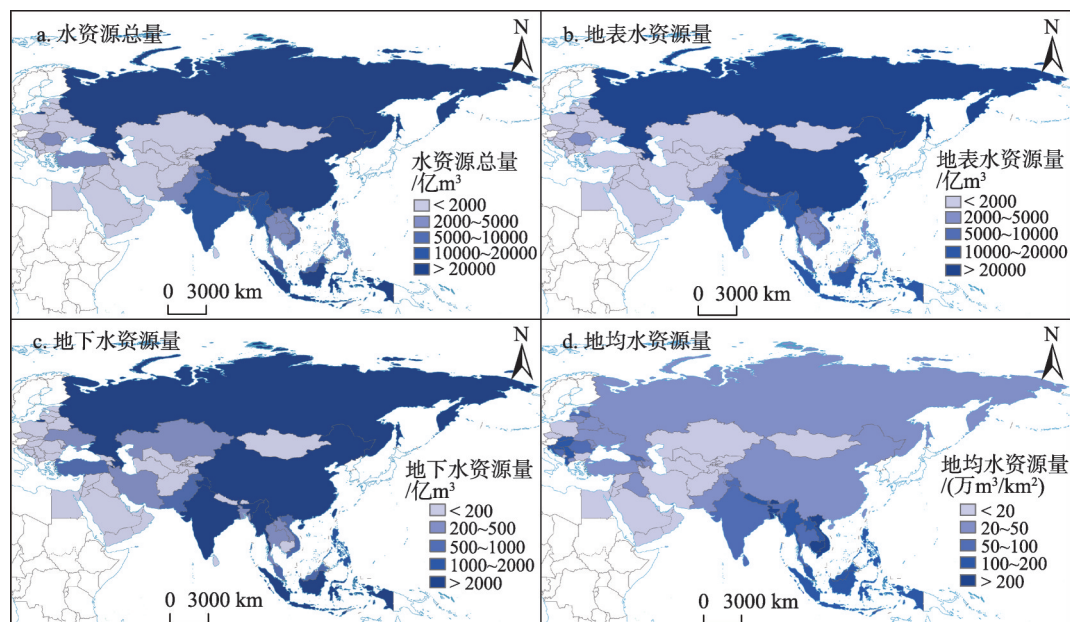
表2 水资源负载指数分级评价
Table 2 Evaluation classification for carrying index of water resources

级别	C值	水资源利用程度及开发潜力	水资源进一步开发评价
I	>10	很高，潜力很小	艰难，有条件时需要外流域调水
II	5~10	高，潜力小	开发条件很困难
III	2~5	中等，潜力较大	开发条件中等
IV	1~2	较低，潜力大	开发条件较容易
V	0~1	低，潜力很大	兴建中小工程，开发容易

2 结果分析

2.1 水资源禀赋分析

“一带一路”沿线国家水资源总量呈现“东部丰富、西部匮乏”的格局（图1a）。分国别而言，俄罗斯水资源总量最为丰富，达45250亿m³，占“一带一路”沿线国家水资源总量的23.09%；中国、印度、孟加拉国、缅甸、印度尼西亚等国家水资源总量均超过10000亿m³，处于较丰富水平；西亚与中东国家水资源总量一般在1000亿m³以下，水资源较为匮乏，其中科威特水资源总量最低，仅为0.2亿m³。就地表水资源而言，其空间分布格局与水资源总量相似（图1b），俄罗斯地表水资源最为丰富，占“一带一路”沿线国家地表水资源总量的22.74%，西亚与中东地区地表水资源较为匮乏。从地下水资源来看（图1c），中国地下水资源最为丰富，占“一带一路”沿线国家地下水资源总量的



注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载审图号为GS(2016)1666号的标准地图制作，底图无修改，下同。

图1 “一带一路”沿线国家水资源量空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of water resources in the countries along the Belt and Road

21.47%，中部哈萨克斯坦、巴基斯坦、伊朗、土耳其等国地下水资源居中等水平，中东欧、西亚与中东多数国家地下水资源相对较低。

就地均水资源来看，“一带一路”沿线国家单位面积国土的水资源量呈现“东南部丰富、北部次之、西南部及中部匮乏”的格局（图1d）。分国别而言，孟加拉国地均水资源最为丰富，达942万 m^3 ，这与其水资源总量丰富而国土面积较小有关；尼泊尔、不丹等部分南亚国家，东南亚诸国以及中东欧南部国家地均水资源量均超过100万 m^3 ；中国和俄罗斯虽然水资源总量丰富但是由于国土面积大，地均水资源量较低，不足30万 m^3 ；中亚、西亚与中东国家地均水资源量基本在10万 m^3 以下，其中沙特阿拉伯地均水资源量最低，仅为0.11万 m^3 ，主要因其水资源总量少而国土面积较大所致。

从人均水资源占有水平来看，“一带一路”沿线国家差异显著（图2）。受人口规模较小的影响，不丹人均水资源量最多，达97773 $\text{m}^3/\text{人}$ ，相当于世界平均水平（5919 $\text{m}^3/\text{人}$ ）的16.52倍；俄罗斯、中东欧、东南亚诸国人均水资源量较为丰富，一般在10000 $\text{m}^3/\text{人}$ 以上；人均水资源量低于1700 $\text{m}^3/\text{人}$ 的国际水资源压力警戒线的国家有21个，主要位于南亚的印度和巴基斯坦、西亚与中东诸国、部分中东欧国家；人均水资源量低于500 $\text{m}^3/\text{人}$ 的严重缺水警戒线的国家有13个，集中分布在阿拉伯半岛，其中科威特人均水资源量最低，不足5 $\text{m}^3/\text{人}$ 。

根据外来水资源量和水资源总量计算“一带一路”沿线国家外来水依赖率的结果表明（图3），沿线国家整体外来水依赖率较高。分国别来看，外来水依赖率较高的国家主要分布在孟加拉国、巴基斯坦、柬埔寨等南亚和东南亚跨境大河的下游，以及科威特、

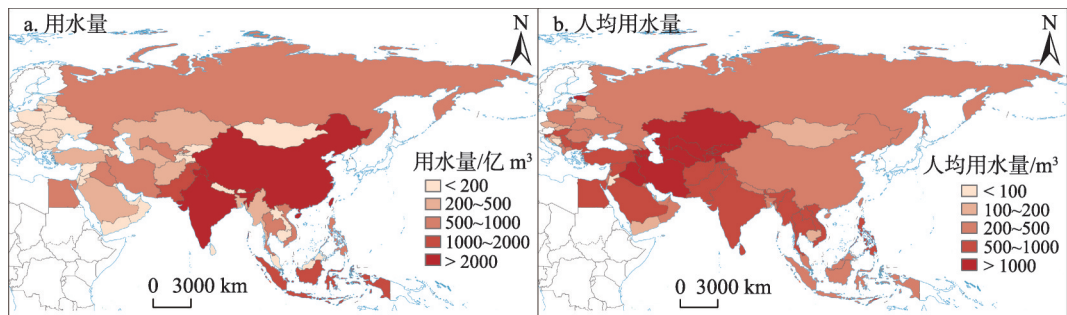


图4 “一带一路”沿线国家水资源利用量空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of water utilization of countries along the Belt and Road

印度尼西亚、巴基斯坦等国用水量亦较高，在1000亿 m^3 以上。中东欧、西亚与中东地区用水量较低，一般在50亿 m^3 以下，其中马尔代夫最低，仅为0.059亿 m^3 。

从人均用水量来看，“一带一路”沿线国家以中亚地区最高，中东欧、蒙古以及海岛国家等较低（图4b）。分国别而言，土库曼斯坦人均用水量最高，达5022.21 m^3 /人，是世界平均水平（535.56 m^3 /人）的9.38倍。其他中亚四国，以及临近的伊朗、伊拉克等国人均用水量多在1000 m^3 /人以上，亦显著高于世界平均水平。相较而言，新加坡和马尔代夫受制于自然条件等影响，人均用水量很低，其中马尔代夫最低，仅为14.13 m^3 /人。

“一带一路”沿线国家用水结构差异显著（图5）。以农业用水为主的国家达39个，占沿线国家总数的60%，主要包括阿富汗、哈萨克斯坦、蒙古等典型畜牧业国家，越南、泰国、柬埔寨等传统农业种植国，以及沙特阿拉伯、埃及等沙漠国家，其中阿富汗农业用水比例高达98.62%。以工业用水为主的国家有16个，占沿线国家总数的24.62%，主要包括俄罗斯、新加坡以及中东欧地区大部分国家，且工业用水占比多在60%以上，最高的爱沙尼亚达到96.22%。以生活用水为主的国家有10个，占沿线国家总

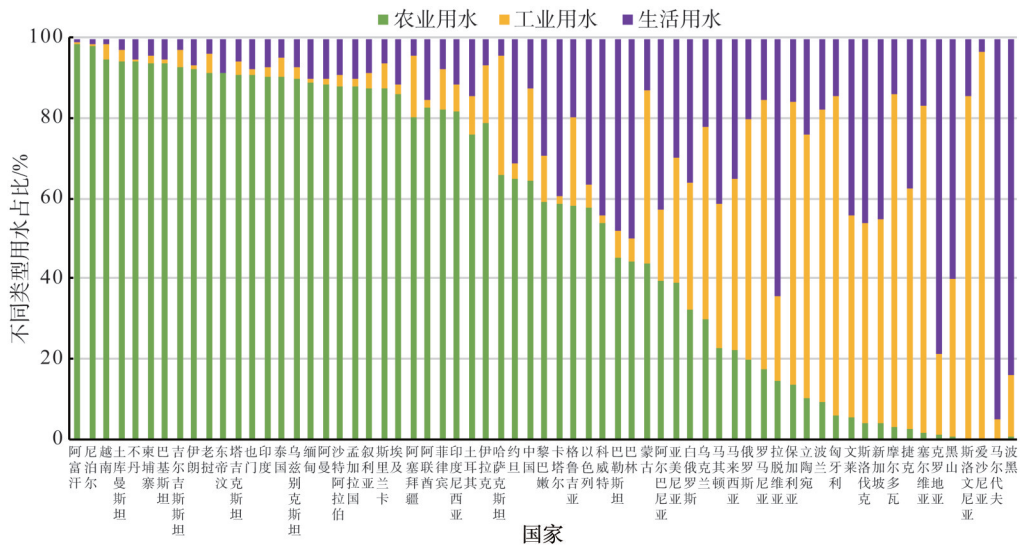


图5 “一带一路”沿线国家用水结构

Fig. 5 The water utilization structure of countries along the Belt and Road

斯坦和阿富汗水资源负载指数在2~5之间,未来开发潜力处于中等水平;中东欧大部分国家、俄罗斯以及东南亚各国水资源负载指数普遍偏低,其中不丹最低,仅有0.03,水资源开发利用程度很低,进一步开发的潜力很大。

3 结论与讨论

本文系统分析了“一带一路”沿线65个国家水资源的禀赋与利用状况,在此基础上计算了水资源负载指数,探讨了“一带一路”沿线国家水资源利用现状及未来开发潜力,所得主要结论如下:

(1)从水资源禀赋来看,无论是从地表水、地下水还是水资源总量上,“一带一路”沿线国家均呈现“东部水资源丰富、西部水资源匮乏”的格局,而人均水资源则呈现“北部和东南部丰富、中部与西南部匮乏”的格局,外来水依赖率表现为跨境河流下游高,上游及海岛国家低的特点。分国别而言,俄罗斯水资源总量最为丰富,不丹人均水资源量最多,而科威特无论是水资源总量还是人均水资源量均极为匮乏。

(2)就水资源利用现状而言,“一带一路”沿线国家用水量呈现“东多西少”的格局,其中印度用水量最高;人均用水量呈现“中亚最高,周边较低”的格局,其中土库曼斯坦人均用水量最高。用水结构方面,“一带一路”沿线国家主要以农业用水为主,且主要集中在亚洲,中东欧各国工业用水占比较大;居民饮用水安全总体状况较好,但国别差异显著,中东欧国家饮用水安全率极高,中亚、南亚及西亚较低。

(3)对于水资源开发利用潜力,“一带一路”沿线国家水资源开发利用潜力呈现“北部和南部高,中部次之,西南部低”的格局,阿拉伯半岛地区各国水资源开发潜力很低,中东欧及东南亚地区水资源开发潜力很高。

基于数据的可获取性,本文仅对“一带一路”沿线国家的水资源禀赋及利用状况进行了现状空间分析,而没有进行时序变化分析。此外本文仅是从水资源负载指数的视角进行水资源开发潜力分析,而水资源开发潜力评价是一个复杂的科学研究,开发条件、科技投入、管理水平等因素都会影响区域水资源开发潜力的大小,未来需要加大对数据的收集力度,从不同方面多角度深入综合分析“一带一路”沿线国家的水资源开发利用状况。

参考文献(References):

- [1] 鲍超,邹建军.基于人水关系的京津冀城市群水资源安全格局评价.生态学报,2018,38(12): 4180-4191. [BAO C, ZOU J J. Evaluation of water resource security patterns in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration based on human-water relationships. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(12): 4180-4191.]
- [2] 李斌,陈午,许新宜,等.基于生态功能的水资源三级区水资源开发利用效率研究.自然资源学报,2016,31(11): 1918-1925. [LI B, CHEN W, XU X Y, et al. Research on the utilization ratio of the third class water resources regions based on ecological function. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(11): 1918-1925.]
- [3] BAO C, FANG C L. Water resources flows related to urbanization in China: Challenges and perspectives for water management and urban development. *Water Resources Management*, 2012, 26(2): 531-552.
- [4] COOK C, BAKKER K. Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 2012, 22(1): 94-121.
- [5] 封志明,杨艳昭,游珍.中国人口分布的水资源限制性与限制度研究.自然资源学报,2014,29(10): 1637-1648.

- [FENG Z M, YANG Y Z, YOU Z. Research on the water resources restriction on population distribution in China. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10): 1637-1648.]
- [6] 汪雁佳, 李景保. 三峡水库运行后荆南三口地区水资源安全状态及归因分析. *自然资源学报*, 2018, 33(11): 1992-2005. [WANG Y J, LI J B. Water resources security status alteration and its attribution analysis in the three outlets of Southern Jingjiang River after the operation of the three gorges reservoir. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(11): 1992-2005.]
- [7] 余灏哲, 韩美. 基于水足迹的山东省水资源可持续利用时空分析. *自然资源学报*, 2017, 32(3): 474-483. [YU H Z, HAN M. Spatial-temporal analysis of sustainable water resources utilization in Shandong province based on water footprint. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(3): 474-483.]
- [8] 杜德斌, 马亚华. “一带一路”中华民族复兴的地缘大战略. *地理研究*, 2015, 34(6): 1005-1014. [DU D B, MA Y H. One Belt and One Road: The grand geo-strategy of China's rise. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1005-1014.]
- [9] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题. *地理科学进展*, 2015, 34(5): 538-544. [LIU W D. Scientific understanding of the Belt and Road Initiative of China and related research themes. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 538-544.]
- [10] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践. *资源科学*, 2017, 39(3): 379-395. [FENG Z M, YANG Y Z, YAN H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th century: From theory to practice. *Resources Science*, 2017, 39(3): 379-395.]
- [11] 李志斐. 水资源安全与“一带一路”战略实施. *中国地质大学学报: 社会科学版*, 2017, 17(3): 45-53. [LI Z F. Water security and the implementation of "One Belt-One Road" strategy. *Journal of China University of Geosciences: Social Sciences Edition*, 2017, 17(3): 45-53.]
- [12] 李明亮, 李原园, 杰侯, 等. “一带一路”国家水资源特点分析及合作展望. *水利规划与设计*, 2017, (1): 34-38. [LI M L, LI Y Y, JIE H, et al. Analysis of the characteristics of water resources in countries along the Belt and Road and their cooperation prospects. *Water Resources Planning and Design*, 2017, (1): 34-38.]
- [13] 刘清杰. “一带一路”沿线国家资源分析. *经济研究参考*, 2017, (15): 70-104. [LIU Q J. Resources analysis of countries along the "Belt and Road". *Review of Economic Research*, 2017, (15): 70-104.]
- [14] 许长新, 孙洋洋. 基于“一带一路”战略视角的中国周边水外交. *世界经济与政治论坛*, 2016, (5): 110-121. [XU C X, SUN Y Y. China's peripheral water diplomacy based on the "One Belt and One Road" strategic perspective. *Forum of World Economics and Politics*, 2016, (5): 110-121.]
- [15] 郭利丹, 周海炜, 夏自强. 丝绸之路经济带建设中的水资源安全问题及对策. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(5): 114-121. [GUO L D, ZHOU H W, XIA Z Q. Water resources security and its countermeasure suggestions in building Silk Road Economic Belt. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(5): 114-121.]
- [16] 邓伟, 赵伟, 刘斌涛, 等. 基于“一带一路”的南亚水安全与对策. *地球科学进展*, 2018, 33(7): 687-701. [DENG W, ZHAO W, LIU B T, et al. Water security and the countermeasures in South Asia based on the "Belt and Road" Initiative. *Advances in Earth Science*, 2018, 33(7): 687-701.]
- [17] 左其亭, 郝林钢, 刘建华, 等. “一带一路”分区水资源特征及水安全保障体系框架. *水资源保护*, 2018, 34(4): 16-21. [ZUO Q T, HAO L G, LIU J H, et al. Characteristics of water resources in "Belt and Road" district and its framework of water security system. *Water Resources Protection*, 2018, 34(4): 16-21.]
- [18] 朴光姬, 李芳. “一带一路”对接缅甸水资源开发新思路研究. *南亚研究*, 2017, (4): 60-77. [PIAO G J, LI F. New thinking on development of water resources in Myanmar under the Belt and Road Initiative. *South Asian Studies*, 2017, (4): 60-77.]
- [19] 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. *灌溉排水学报*, 2018, 37(1): 1-7. [ZUO Q T, HAO L G, MA J X, et al. "Belt and Road" water problem in regionalization and reflections on drawing lessons from China's water management. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2018, 37(1): 1-7.]
- [20] 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. *资源科学*, 2018, 40(5): 1006-1015. [ZUO Q T, HAN C H, HAO L G, et al. The main route and water resource areas of the Belt and Road Initiative. *Resources Science*, 2018, 40(5): 1006-1015.]

- [21] 韩淑颖, 马军霞, 王鑫, 等. “一带一路”欧洲区水资源管理发展历程及启示. 水资源保护, 2018, 34(4): 29-34. [HAN S Y, MA J X, WANG X, et al. Development history of water resource management in Europe area of "Belt and Road" and its enlightenment. Water Resources Protection, 2018, 34(4): 29-34.]
- [22] 刘卫东, 田锦尘, 欧晓理, 等. “一带一路”战略研究. 北京: 商务印书馆, 2017: 36-37. [LIU W D, TIAN J C, OU X L, et al. The Belt and Road Strategy Research. Beijing: The Commercial Press, 2017: 36-37.]
- [23] 邹嘉龄, 刘卫东. 2001-2013 年中国与“一带一路”沿线国家贸易网络分析. 地理科学, 2016, 36(11): 1629-1636. [ZOU J L, LIU W D. Trade network of China and countries along "Belt and Road Initiative" areas from 2001 to 2013. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(11): 1629-1636.]
- [24] 江东, 付晶莹, 郝蒙蒙, 等. “一带一路”沿线资源环境与社会发展特征分析. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2018: 14-15. [JIANG D, FU J Y, HAO M M, et al. Analysis on the Characteristics of Resources, Environment and Social Development Along the Belt and Road Initiative. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Press, 2018: 14-15.]
- [25] 封志明, 刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力. 自然资源学报, 2006, 21(5): 689-699. [FENG Z M, LIU D W. A study on water resources carrying capacity in Jingjinji region. Journal of Natural Resource, 2006, 21(5): 689-699.]
- [26] 张丹, 封志明, 刘登伟. 基于负载指数的中国水资源三级流域分区开发潜力评价. 资源科学, 2008, 30(10): 1471-1477. [ZHANG D, FENG Z M, LIU D W. Evaluation of water resource in Third-Order Basins in China based on carrying capacity. Resources Science, 2008, 30(10): 1471-1477.]
- [27] 王丽霞, 任志远, 刘招, 等. 基于 GIS 的陕西省水资源潜力及承载力研究. 干旱区资源与环境, 2013, 27(8): 97-102. [WANG L X, REN Z Y, LIU Z, et al. Water resources development potential and carrying capacity in Shanxi province. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(8): 97-102.]
- [28] 尤鑫. 黔南州水资源承载力研究. 中国农业资源与区划, 2016, 37(6): 29-36. [YOU X. Study on the utilization and carrying capacity of regional water resources. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(6): 29-36.]
- [29] 封志明, 杨艳昭, 游珍. 雄安新区的人口与水土资源承载力. 中国科学院院刊, 2017, 32(11): 1216-1223. [FENG Z M, YANG Y Z, YOU Z. The population and water and land resource carrying capacity of Xiongan New Area. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(11): 1216-1223.]

Water resources endowment and exploitation and utilization of countries along the Belt and Road

YANG Yan-zhao^{1,2,3}, FENG Zhi-ming^{1,2,3}, SUN Tong¹, TANG Feng⁴

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

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

3. Key Laboratory of Resources and Environment Carrying Capacity of Ministry of Land and

Resources, Beijing 101149, China; 4. College of Land and Resources, Hebei

Agricultural University, Baoding 071001, Hebei, China)

Abstract: Water resources is the basic strategic resource. It is of great significance to conduct research on water resources of countries along the Belt and Road for promoting the scientific construction of the Belt and Road. Based on the World Bank and the FAO Water Resources Databases, we started from the perspective of water exploitation and utilization, analyzed the natural endowment and utilization status of water resources of countries along the Belt and Road, and further explored the water resources exploitation potential status. The results showed that: (1) In terms of water endowment, the surface water, groundwater and total water resources were relatively high in Russia, China, Southeast Asia and South Asia, while they were relatively low in Central Asia and West Asia. The per capita water resource was relatively high in Central and Eastern Europe, Russia and Southeast Asia, while it was relatively low in West Asia and South Asia. The external water dependency rate was high in the downstream of transboundary rivers, while it was low in the upstream of transboundary rivers and island countries. (2) In terms of water utilization, the water consumption was higher in the east than in the west of the Belt and Road region, the per capita water consumption was the highest in Central Asia and it was low in the surrounding areas. In terms of water use structure, agricultural water was dominant in Asian countries, while industrial water was dominant in Central and Eastern Europe countries. (3) In terms of water resources exploitation potential, the exploitation potential of countries in the Arabian Peninsula was extremely low, and it was extremely high in Central and Eastern Europe and Southeast Asia.

Keywords: countries along the Belt and Road; water endowment; water utilization; water exploitation potential