

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2018.04.05

“一带一路”非洲区水-粮-能安全分析

李东林¹, 刘建华², 郝林钢¹, 马军霞¹, 左其亭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:以“一带一路”主体水资源区在非洲涉及的6个国家为研究区,根据2015年水资源、粮食和能源相关数据,采用单指标量化-多指标综合-多准则集成方法,分别计算了研究区水资源、粮食和能源的安全指数及3种资源的综合安全指数并分析其安全程度。结果表明:埃及水资源重度不安全,粮食轻度不安全,能源基本安全,综合安全程度为轻度不安全;苏丹水资源轻度不安全,粮食重度不安全,能源基本安全,综合安全程度为轻度不安全;厄立特里亚水资源和粮食均为轻度不安全,能源极度不安全,综合安全程度为重度不安全;吉布提水资源重度不安全,粮食和能源均为极度不安全,综合安全程度为极度不安全;索马里水资源基本安全,粮食重度不安全,能源极度不安全,综合安全程度为重度不安全;肯尼亚水资源轻度不安全,粮食基本安全,能源极度不安全,综合安全程度为重度不安全。

关键词:“一带一路”;非洲;水资源;粮食;能源;安全评价

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2018)04-0022-07

Analysis of water-food-energy safety in Africa area of “Belt and Road”

LI Donglin¹, LIU Jianhua², HAO Lingang¹, MA Junxia¹, ZUO Qiting¹

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

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

Abstract: Six countries involved in the main water resource areas in Africa area of the “Belt and Road” were selected as research areas. According to 2015 data of water resources, food, and energy, the evaluation method of single index quantification and multiple indices synthesis and poly-criteria integration was used to calculate the safety indices of water, food, and energy in the study area and the comprehensive safety index of 3 kinds of resources and analyze their safety degree. The results show that Egypt’s water resources are highly unsafe, its food is lightly unsafe, its energy is basically safe, and its comprehensive safety degree is lightly unsafe. Sudan’s water resources are lightly unsafe, its food is highly unsafe, its energy is basically safe, and its comprehensive safety degree is lightly unsafe. Eritrea’s water resources and food are lightly unsafe, its energy is extremely unsafe, and its comprehensive safety degree is highly unsafe. Djibouti’s water resources are highly unsafe, its food and energy are extremely unsafe, and its comprehensive safety degree is extremely unsafe. Somali’s water resources are basically safe, its food is highly unsafe, its energy is extremely unsafe, and its comprehensive safety degree is highly unsafe. Kenya’s water resources are lightly unsafe, its food is basically safe, its energy is extremely unsafe, and its comprehensive safety degree is highly unsafe.

Key words: “Belt and Road”; Africa; water resources; food; energy; safety evaluation

基金资助: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:李东林(1993—),男,硕士研究生,研究方向为水文学及水资源。E-mail: lidonglin@163.com

通信作者:左其亭,教授。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

2013 年 9 月和 10 月,我国先后提出共建“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”(“一带一路”)的重大倡议,得到国际社会高度关注^[1]。水资源、粮食和能源不仅是沿线地区可持续发展必不可少的基础资源,也是保障国家安全的战略资源,沿线地区水资源、粮食和能源安全是支撑“一带一路”倡议顺利实施的基础条件和关键要素。

目前关于水资源安全、粮食安全、能源安全和“一带一路”的研究都较多。水资源安全涉及社会安全、经济安全和生态安全等方面的问题^[2-3],夏军等^[4]在变化环境下分析了中国水安全问题并对水安全研究进行了展望。粮食安全方面,康绍忠^[5]研究了全球和中国的水资源安全与粮食安全现状。能源安全方面,蔡国田等^[6]研究了中国能源安全的进程。左其亭等^[7-9]在“一带一路”水资源研究方面取得了一些标志性成果,分析了“一带一路”中国大陆区的水资源特征,确定了“一带一路”主体路线及主体水资源区,并研究了其分区水问题。从目前情况看,关于“一带一路”沿线自然资源的研究主要集中在能源、矿产等方面^[10-11],但是针对该地区水资源、粮食和能源安全的综合研究较少。鉴于此,本文基于团队前期研究成果,研究“一带一路”非洲区水-粮-能安全程度,分析“一带一路”倡议对破解非洲区水-粮-能安全问题提供的机遇,以期为该地区水-粮-能安全问题的解决提供参考。

1 “一带一路”非洲区概况

选择“一带一路”非洲区的 6 个国家作为研究对象,包括北非的埃及、苏丹,东非的厄立特里亚、吉布提、索马里和肯尼亚,见图 1。非洲区以高原、山地和平原地形为主,主要气候类型包括热带沙漠气候、热带草原气候等,埃及沿海地区属于地中海气候,厄立特里亚高原地区属于热带高原气候。大部分地区的年平均气温为 25 ~ 35℃,沙漠地区气温最高可达 50℃,且降水较少,主要河流包括尼罗河、谢贝利河、朱巴河、赛迪特河、马雷布河、塔纳河、加拉纳河等。

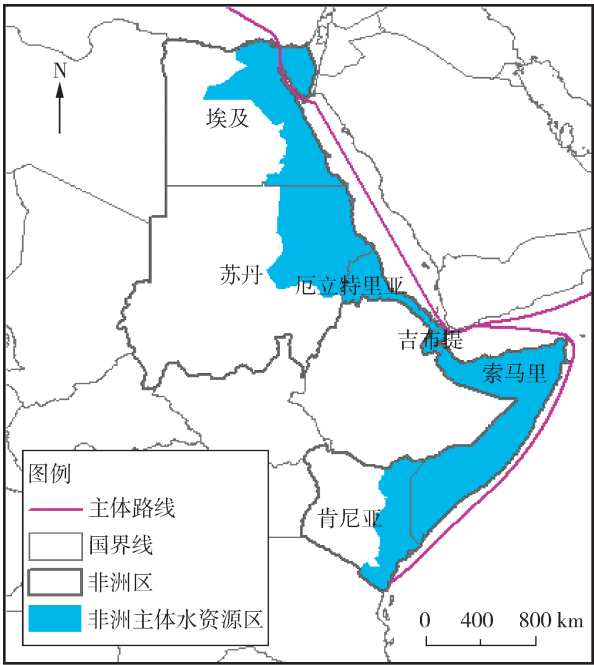


图 1 “一带一路”非洲区概况

“一带一路”非洲区的经济社会概况见表 1。表 1 数据来源于中华人民共和国外交部网站 http://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/,国家收入水平按照世界银行的收入标准划分。“一带一路”非洲区的总面积为 245 万 km²,总人口数为 2 亿人,占非洲总面积和总人口的比例分别为 14% 和 17%,经济发展水平落后,收入水平均在中低等收入线及以下,经济结构单一,以农业、牧业和服务业为主。

2 水-粮-能安全评价

2.1 数据来源

以 2015 年为例对“一带一路”非洲区水-粮-能安全现状进行评价。水资源和粮食数据来源于联合国粮农组织数据库 <http://www.fao.org/faostat/en/#home>,由于缺少数据,水资源总量数据为多年平均值。能源数据来源于美国能源署数据库 <https://www.eia.gov/>。具体数据见表 2。

2.2 评价指标与标准

a. 水资源安全评价指标与标准。人均水资源

表 1 “一带一路”非洲区经济社会概况

国 家	面积/万 km ²	人口/万人	GDP/亿美元	人均 GDP/美元	主要经济产业	收入水平
埃 及	100.1	9 300.0	2 896	3 096	服务业、轻工业	中低等收入
苏 丹	188.0	3 864.8	937	2 342	农业、牧业	中低等收入
厄立特里亚	12.4	480.8	49	737	农业、牧业	低收入
吉布提	2.3	92.7	19	2 108	交通运输、商业	中低等收入
索马里	63.8	1 390.8	59	426	牧业	低收入
肯尼亚	58.3	4 723.6	706	1 493	农业、服务业	中低等收入

量短缺和水资源利用率过低或过高都会导致水安全问题,因此选取人均水资源量 W_1 和水资源利用率 W_2 两个指标来分析水资源安全程度,并记两个指标对应反映的安全指数分别为 I_{s1} 和 I_{s2} 。

人均水资源量反映的水安全评价标准包括:
①参考联合国教科文组织制定的标准,人均水资源量 1 000 ~ 2 000 m³ 属于中度缺水;人均水资源量 500 ~ 1 000 m³ 属于重度缺水;人均水资源量小于 500 m³ 属于极度缺水^[12]。②为区分“一带一路”非洲区水资源安全程度差异,认为人均水资源量大于或等于 2 000 m³,不宜向外地调水^[12],水资源相对安全,安全指数为 1;人均水资源量等于 1 000 m³,安全指数为 0.7;人均水资源量等于 500 m³,安全指数为 0.4;人均水资源量等于 100 m³,安全指数为 0.1;人均水资源量等于 0,安全指数为 0。

水资源利用率是指某流域或区域内用水总量占水资源总量的比例,表征一个流域或区域水资源开发利用程度的总体情况。水资源利用率属于双向指标,过低或者过高都会导致水资源安全程度降低,如当水资源利用率超过 40% 时,就会出现水资源严重短缺和生态恶化等一系列问题^[13]。因此确定:水资源利用率等于 30%,安全指数为 1;水资源利用率等于 20% 或 40%,安全指数为 0.7;水资源利用率等于 10% 或 50%,安全指数为 0.4;水资源利用率等于 5% 或 75%,安全指数为 0.1;水资源利用率等于 0、等于或大于 100%,安全指数为 0。

b. 粮食安全评价指标与标准。粮食自给率是一个国家或地区的粮食生产总量占消耗总量的百分比,表征一个国家或地区的粮食能否实现自给自足,反映粮食供给水平。由于粮食安全基本等同于粮食生产量或粮食供给水平^[14],故选择粮食自给率 F_1 来表征粮食安全程度,并记其反映的安全指数为 I_{s3} 。

结合“一带一路”非洲区实际情况,参考相关标准,本文设定粮食自给率大于或等于 100%,安全指数为 1;自给率等于 70%,安全指数为 0.7;自给率等于 40%,安全指数为 0.4;自给率等于 10%,安全指数为 0.1;自给率等于 0,安全指数为 0。

c. 能源安全评价指标与标准。能源自给率为能源生产量占消耗量的比例^[15-16],反映能源供给水平。能源供给安全是国家能源安全的基本目标^[17],因此选取能源自给率作为能源安全指标。考虑到石油、天然气和煤炭是当今世界主要的能源,能源安全具体包含 3 个指标:石油自给率 E_1 、天然气自给率 E_2 和煤炭自给率 E_3 ,并记其对应反映的安全指数分别为 I_{s4} 、 I_{s5} 和 I_{s6} 。

结合“一带一路”非洲区实际情况,参考相关标准,设定当能源自给率大于或等于 100%,安全指数为 1;自给率等于 70%,安全指数为 0.7;自给率等于 40%,安全指数为 0.4;自给率等于 10%,安全指数为 0.1;自给率等于 0,安全指数为 0。

“一带一路”非洲区水-粮-能安全评价指标与标准见表 3。

表 2 2015 年“一带一路”非洲区水-粮-能数据

国 家	水资源		粮食		能源					
	水资源 总量/ 亿 m ³	用水 总量/ 亿 m ³	粮食生产 总量/ (万 t · a ⁻¹)	粮食消耗 总量/ (万 t · a ⁻¹)	石油产量/ (万桶 · d ⁻¹)	石油消 耗量/ (万桶 · d ⁻¹)	天然气 产量/ 亿 m ³	天然气消 耗量/ 亿 m ³	煤炭产 量/t	煤炭消 耗量/ t
埃 及	583.0	780.00	2 280.7	3 854.9	71.03	76.30	493.3	479.4	308	11 716
苏 丹	37.8	269.30	53.8	287.0	10.86	10.54	0	0	0	0
厄立特里亚	73.0	5.82	3.8	9.4	0	0.36	0	0	0	0
吉布提	3.0	0.19	0	78.7	0	0.61	0	0	0	0
索马里	147.0	32.98	11.2	28.8	0	0.57	0	0	0	0
肯尼亚	307.0	32.18	395.4	548.7	0	9.01	0	0	0	4 298

表 3 “一带一路”非洲区水-粮-能安全评价指标与标准

目标层	准则层	指标层	指标类型	各安全指数对应的评价指标值				
				1	0.7	0.4	0.1	0
水-粮-能 安全	水资源安全	W_1/m^3	正向指标	2 000	1 000	500	100	0
		$W_2/\%$	双向指标	30	20 或 40	10 或 50	5 或 75	0 或 100
	粮食安全	$F_1/\%$	正向指标	100	70	40	10	0
		$E_1/\%$	正向指标	100	70	40	10	0
	能源安全	$E_2/\%$	正向指标	100	70	40	10	0
		$E_3/\%$	正向指标	100	70	40	10	0

2.3 评价方法

应用左其亨等^[18]于 2008 年提出的“单指标量化-多指标综合-多准则集成”评价方法计算水资源、粮食和能源各项指标的安全指数、3 种资源的安全指数和水-粮-能综合安全指数,分析相应的安全程度。安全指数取值范围为[0,1],取值越大,表示安全程度越高。

a. 单指标量化。指标按照从小到大变化与其表征的安全程度变化之间的关系,可分为正向指标、逆向指标、双向指标。正向指标安全指数随指标值增加而增加;逆向指标安全指数随指标值增加而减小;双向指标安全指数随指标值增加而增加,当增加到某个值时,又随着指标值增加而减小。对于正向和逆向的指标,假设 a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 和 e_i 分别为某指标的最差值、较差值、及格值、较优值和最优值,利用特征点 $(a_i, 0)$ 、 $(b_i, 0.1)$ 、 $(c_i, 0.4)$ 、 $(d_i, 0.7)$ 、 $(e_i, 1)$ 以及上面的假设,可以得到安全指数的计算公式(式(1)和(2));对于双向指标,假设 a_i 或 k_i 、 b_i 或 h_i 、 c_i 或 g_i 、 d_i 或 f_i 和 e_i 分别为某双向指标的最差值、较差值、及格值、较优值和最优值,利用特征点 $(a_i, 0)$ 、 $(b_i, 0.1)$ 、 $(c_i, 0.4)$ 、 $(d_i, 0.7)$ 、 $(e_i, 1)$ 、 $(f_i, 0.7)$ 、 $(g_i, 0.4)$ 、 $(h_i, 0.1)$ 、 $(k_i, 0)$ 及上面的假设,可以得到安全指数的计算公式(式(3)):

$$I_{Si} = \begin{cases} 0.1 \frac{x_i - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq x_i < b_i \\ 0.1 + 0.3 \frac{x_i - b_i}{c_i - b_i} & b_i \leq x_i < c_i \\ 0.4 + 0.3 \frac{x_i - c_i}{d_i - c_i} & c_i \leq x_i < d_i \\ 0.7 + 0.3 \frac{x_i - d_i}{e_i - d_i} & d_i \leq x_i < e_i \\ 1 & e_i \leq x_i \end{cases} \quad (1)$$

$$I_{Si} = \begin{cases} 0.7 + 0.3 \frac{d_i - x_i}{d_i - e_i} & e_i \leq x_i < d_i \\ 0.4 + 0.3 \frac{c_i - x_i}{c_i - d_i} & d_i \leq x_i < c_i \\ 0.1 + 0.3 \frac{b_i - x_i}{b_i - c_i} & c_i \leq x_i < b_i \\ 0.1 \frac{x_i - b_i}{a_i - b_i} & b_i \leq x_i < a_i \\ 0 & a_i \leq x_i \end{cases} \quad (2)$$

$$I_{Si} = \begin{cases} 0.1 \frac{x_i - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq x_i < b_i \\ 0.1 + 0.3 \frac{x_i - b_i}{c_i - b_i} & b_i \leq x_i < c_i \\ 0.4 + 0.3 \frac{x_i - c_i}{d_i - c_i} & c_i \leq x_i < d_i \\ 0.7 + 0.3 \frac{x_i - d_i}{e_i - d_i} & d_i \leq x_i < e_i \\ 1 & e_i = x_i \\ 0.7 + 0.3 \frac{f_i - x_i}{f_i - e_i} & e_i < x_i \leq f_i \\ 0.4 + 0.3 \frac{g_i - x_i}{g_i - f_i} & f_i < x_i \leq g_i \\ 0.1 + 0.3 \frac{h_i - x_i}{h_i - g_i} & g_i < x_i \leq h_i \\ 0.1 \frac{k_i - x_i}{k_i - h_i} & h_i < x_i < k_i \\ 0 & k_i \leq x_i \end{cases} \quad (3)$$

式中: I_{Si} 为第 i 个指标的安全指数, $i = 1, 2, \dots, n$; x_i 为第 i 个指标的值。

b. 多指标综合。根据实际情况,分别赋予 3 种资源的各项指标不同权重,加权计算其安全指数。水资源量短缺和水资源开发利用程度过高或过低均是水资源安全的重要影响因素,因此取 W_1 和 W_2 的权重均为 0.5。由于非洲区 6 个国家均消耗石油,仅埃及和肯尼亚消耗天然气和煤炭,所以取 E_1 、 E_2 和 E_3 的权重分别为 0.8、0.1 和 0.1。

c. 多准则集成。基于水资源、粮食和能源的安全指数,取 3 种资源安全指数的权重均为 1/3,加权计算水-粮-能综合安全指数。

3 评价结果与分析

按照上述水-粮-能安全评价方法计算 2015 年“一带一路”非洲区水资源、粮食和能源的安全指数及 3 种资源的综合安全指数,并根据安全指数范围确定安全程度。安全指数的区间及安全程度标准为:[0.7,1]表示基本安全;[0.4,0.7]表示轻度不安全;[0.1,0.4]表示重度不安全;[0,0.1]表示极度不安全。

3.1 水资源安全评价结果

2015 年“一带一路”非洲区水资源安全指数和安全程度见表 4。由表 4 可知,“一带一路”非洲区埃及、苏丹和肯尼亚属于重度缺水,厄立特里亚和索马里属于中度缺水,吉布提属于极度缺水。“一带一路”非洲区主要气候类型为热带沙漠气候和热带草原气候,热带沙漠气候主要特征为干旱高温,降雨

表 4 2015 年“一带一路”非洲区水资源安全指数和安全程度

国 家	W_1/m^3	$W_2/\%$	I_{s1}	I_{s2}	缺水程度	水资源安全指数	水资源安全程度
埃 及	621.7	133.80	0.47	0	重度	0.24	重度不安全
苏 丹	978.1	71.20	0.69	0.15	重度	0.42	轻度不安全
厄立特里亚	1521.3	7.97	0.86	0.28	中度	0.57	轻度不安全
吉布提	323.5	6.33	0.28	0.18	极度	0.23	重度不安全
索马里	1057.0	22.43	0.72	0.77	中度	0.75	基 本 安 全
肯尼亚	645.0	10.48	0.49	0.41	重度	0.45	轻度不安全

极少,热带草原气候主要特征为干旱高温,雨季和旱季分明,这是造成非洲区水资源短缺的主要原因。埃及和苏丹的水资源利用率分别为 133.8% 和 71.2%,均超过水资源利用率极限阈值,即埃及和苏丹的水资源开发利用不合理或者过度开发,其他国家的水资源利用率相对较低,水资源的开发利用空间较大。“一带一路”非洲区水资源安全程度和该地区实际情况一致,人均水资源量低,缺水严重,大部分国家水资源利用率低。

3.2 粮食安全评价结果

2015 年“一带一路”非洲区粮食安全指数和安全程度见表 5。由表 5 可知,“一带一路”非洲区大部分国家的粮食安全指数低,粮食安全无法保障。粮食产量低、增产慢,人口增长快等是“一带一路”非洲区粮食不安全的重要原因。此外,发达国家操纵国际政治和贸易规则,使非洲国家粮食主权不断丧失^[19],也是造成“一带一路”非洲区粮食不安全的原因之一。

表 5 2015 年“一带一路”非洲区粮食安全指数和安全程度

国 家	$F_1/\%$	I_{s3}	粮食安全程度
埃 及	59.200	0.59	轻度不安全
苏 丹	18.700	0.19	重度不安全
厄立特里亚	41.000	0.41	轻度不安全
吉布提	0.002	0	极度不安全
索马里	38.900	0.39	重度不安全
肯尼亚	72.000	0.72	基 本 安 全

3.3 能源安全评价结果

2015 年“一带一路”非洲区能源安全指数和安全程度见表 6。由表 6 可知,“一带一路”非洲区只有埃及既生产又消耗 3 种能源,其能源安全指数为 0.87,基本安全;苏丹仅生产和消耗石油,能源安全指数为 0.80,基本安全;其他国家仅依靠进口石油,能源安全指数均为 0,极不安全。此外,肯尼亚还依

表 6 2015 年“一带一路”非洲区能源安全指数和安全程度

国 家	$E_1/\%$	I_{s4}	$E_2/\%$	I_{s5}	$E_3/\%$	I_{s6}	能源安全指数	能源安全程度
埃 及	93.1	0.93	102.9	1	2.63	0.26	0.87	基 本 安 全
苏 丹	103.0	1.00					0.80	基 本 安 全
厄立特里亚	0	0					0	极度不安全
吉布提	0	0					0	极度不安全
索马里	0	0					0	极度不安全
肯尼亚	0	0			0	0	0	极度不安全

靠进口的煤炭,安全指数为 0。“一带一路”非洲区埃及能源储量丰富,其他国家能源相对匮乏,生产力水平低是制约该地区能源供给的重要因素之一。

3.4 水-粮-能综合安全评价结果

2015 年“一带一路”非洲区水-粮-能综合安全指数和综合安全程度见表 7。由表 7 可知:①“一带一路”非洲区水-粮-能综合安全程度和该地区实际情况一致。如:埃及人均水资源量严重短缺,水资源过度开发利用,水资源重度不安全;粮食自给率为 59.2%,粮食轻度不安全;石油和天然气储量丰富,天然气不仅能满足本国的需求,还能对外出口,能源基本安全。故其综合安全程度表现为轻度不安全。②粮食的生长需要消耗大量的水资源,确保水资源安全对保障粮食安全意义重大。“一带一路”非洲区部分国家的水资源安全和粮食安全联系密切。如:厄立特里亚水资源和粮食均为轻度不安全。因为厄立特里亚主要经济产业是农业,且农业用水量又是最大,故水资源安全和粮食安全表现出一致性。③能源的生成、开采、加工和转移等过程离不开水资源,确保水资源的安全是保障能源安全必不可少的前提条件。但是由于该地区大部分国家无能源产量且能源消耗量低,故水资源安全和能源安全之间的关系尚不明确,有待进一步研究。

表 7 2015 年“一带一路”非洲区水-粮-能综合安全指数和综合安全程度

国 家	综合安全指数	综合安全程度
埃 及	0.57	轻度不安全
苏 丹	0.47	轻度不安全
厄立特里亚	0.33	重度不安全
吉布提	0.08	极度不安全
索马里	0.38	重度不安全
肯尼亚	0.39	重度不安全

4 结论与建议

4.1 结论

- a. “一带一路”非洲区人均水资源量短缺严重,但每个国家人均水资源量短缺程度不同,大部分国家为重度短缺。除埃及和苏丹的水资源利用率过高之外,非洲区其他国家水资源利用率都相对较低,水资源可开发利用空间较大。
- b. “一带一路”非洲区粮食自给率高低不同,粮食安全程度不同,但大部分国家均没有满足自给自足的要求。
- c. “一带一路”非洲区能源开发利用程度低,除埃及和苏丹能源基本安全外,其他国家能源均极度不安全。
- d. “一带一路”非洲区水-粮-能综合安全程度不同,埃及和苏丹均为轻度不安全,吉布提为极度不安全,其他国家均为重度不安全。

4.2 建议

- a. 水资源安全方面。倡议支援“一带一路”非洲区修建水库、大坝等水利工程,增加该地区的总库容,提高蓄水能力,增强水资源时空调配能力,提高水资源利用效率;“一带一路”非洲区可引入先进的水资源开发利用技术、节水工艺和水资源管理经验等,这些非工程措施可以在一定程度上缓解水资源供需矛盾,增加水资源可利用量;“一带一路”倡议能带动经济发展,随着经济社会发展,人民对生活品质要求的提高,也能对水资源问题的解决起到倒逼作用。
- b. 粮食安全方面。非洲区通过与“一带一路”沿线其他国家开展农业科技合作,引进具有高产、抗旱等特性的农作物品种和先进的农作物种植技术,可以提高粮食产量,从根本上解决该地区粮食安全问题。此外,在“一带一路”倡议背景下,通过开展粮食贸易,在一定程度上可以减少非洲区对发达国家商品粮的依赖,转变农业发展模式,提高非洲区的粮食自给率。
- c. 能源安全方面。肯尼亚和索马里等国家可以积极寻求与国际石油、天然气公司的合作,引进资本和技术,探明石油和天然气储藏分布情况,尽早进行开发,既可以提高能源产量,保障能源的自我供给,又可以促进经济社会发展。此外,在“一带一路”建设背景下,新能源开发利用技术的引进可以缓解非洲区传统能源的供给压力,为破解该地区能源安全问题提供新思路。

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] 郭梅,许振成,彭晓春. 水资源安全问题研究综述[J]. 水资源保护, 2007, 23 (3): 40-43. (GUO Mei, XU Zhencheng, PENG Xiaochun. Progress in water security [J]. Water Resources Protection, 2007, 23 (3): 40-43. (in Chinese))

[3] 郑德凤,张雨,魏秋蕊,等. 基于可持续能力和协调状态的水资源系统评价方法探讨[J]. 水资源保护, 2016, 32 (3): 24-32. (ZHENG Defeng, ZHANG Yu, WEI Qiurui, et al. Study of method for evaluation of water resources system based on sustainability and coordinated condition [J]. Water Resources Protection, 2016, 32 (3): 24-32. (in Chinese))

[4] 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))

[5] 康绍忠. 水安全与粮食安全[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22 (8): 880-885. (KANG Shaozhong. Towards water and food security in China [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22 (8): 880-885. (in Chinese))

[6] 蔡国田,张雷. 中国能源安全研究进展[J]. 地理科学进展, 2005, 24 (6): 79-87. (CAI Guotian, ZHANG Lei. progress in China's energy security research [J]. Progress in Geography, 2005, 24 (6): 79-87. (in Chinese))

[7] 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))

[8] 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): 1006-1015. (in Chinese))

[9] 左其亨,郝林钢,马军霞,等. “一带一路”分区水问题及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))

[10] 石泽. 能源资源合作: 共建“一带一路”的着力点[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2015, 36 (1): 68-74. (SHI Ze. Focus of cooperation for energy resource of Silk-Road Economic Belt [J]. Journal of Xinjiang

- 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)