

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2018.04.10

“一带一路”对广西北部湾经济区 水资源脆弱性的影响

马兴华^{1,2}, 周买春², 左其亭³, 马军霞³, 李兴拼¹

(1. 珠江水利科学研究院, 广东 广州 510611; 2. 华南农业大学水利与土木工程学院, 广东 广州 510642;
3. 郑州大学水科学研究中心, 河南 郑州 450001)

摘要:采用函数法计算2015年和2030年广西北部湾经济区水资源脆弱性,分析“一带一路”实施对该经济区水资源脆弱性的影响。结果表明:经济区水资源脆弱程度在2015年和2030年均处于“强脆弱一级”等级,但是脆弱性指标由0.236提高到0.271,增幅14.83%，“一带一路”的实施对经济区水资源脆弱性影响较大,水资源条件对承载未来社会经济发展存在较大的压力;北海市水资源最为脆弱,脆弱性指标由0.544提高到0.801,增幅47.24%,评价等级由“极脆弱一级”提高到“极脆弱二级”,说明“一带一路”实施对北海市水资源脆弱性影响最大。

关键词:“一带一路”;水资源脆弱性;脆弱性指标;广西北部湾经济区

中图分类号:TV213.4 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2018)04-0056-05

Impact of “Belt and Road” on water resource vulnerability of Guangxi Beibu Gulf Economic Zone

MA Xinghua^{1,2}, ZHOU Maichun², ZUO Qiting³, MA Junxia³, LI Xingpin¹

(1. The Pearl River Hydraulic Research Institute, Guangzhou 510611, China;
2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
3. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Under the background of the “Belt and Road”, the water resource vulnerability (WRV) of Guangxi Beibu Gulf Economic Zone (GBGEZ) was calculated by function method from 2015 to 2030 and the impact of the “Belt and Road” on the WRV of GBGEZ was analyzed. The results show that the WRV of GNBEZ is at a “strongly vulnerable 1” level from 2015 to 2030. But the vulnerability index increases from 0.236 to 0.271, an increase of 14.83%, which means the impact of the “Belt and Road” on the WRV of GNBEZ is large and water resources have great pressure on carrying out future social and economic development. Water resources of Beihai City are most vulnerable and the vulnerability index increases from 0.544 to 0.801, an increase of 47.24%. The evaluation level raises from “extremely vulnerable 1” to “extremely vulnerable 2”, which means the implementation of the “Belt and Road” has the greatest impact on the WRV of Beihai City.

Key words: “Belt and Road”; water resource vulnerability; vulnerability index; Guangxi Beibu Gulf Economic Zone

基金项目:国家自然科学基金(51779230);广西科技厅重点研发项目(桂科 AB16380309)

作者简介:马兴华(1983—),男,高级工程师,博士研究生,主要从事水文水资源研究。E-mail: maxinghua2012@163.com

通信作者:左其亭,教授。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

广西壮族自治区北部湾经济区(以下简称广西北部湾经济区)是我国与东盟国家既有海上通道,又有陆地接壤的门户,在我国“一带一路”建设规划中具有重要的地位。《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》中提到,广西北部湾经济区要发挥与东盟国家陆海相邻的地理优势,对外构建面向东盟区的国家大通道,对内打造西南、中南地区开放发展新的战略支点,形成“一带一路”有机衔接的重要门户^[1]。《北部湾城市群发展规划》中也提到,“一带一路”建设的深入推进,为北部湾充分发挥独特区位优势、全方位扩大对外开放和以开放促发展提供了更大空间^[2]。

随着经济社会的快速发展,经济区水资源脆弱性愈加明显,“一带一路”倡议的提出和建设,也必然会对经济区水资源带来更大的压力。另外,随着我国水安全保障问题越来越受到重视,我国治水思想逐渐向以保护水资源为主发展^[3],无论是立足未来的开发还是保护,都需要对水资源现状及未来有准确的认识。为此,本文在国家“一带一路”建设的大背景下,研究广西北部湾经济区水资源脆弱性问题,以期为应对未来水资源安全问题提供技术支撑。

1 广西北部湾经济区概况

广西北部湾经济区由南宁、北海、钦州、防城港4市组成,延及玉林、崇左两市,总面积7.26万km²,占广西总面积的30.7%,大陆海岸线长1595km,拥有浅海面积6488km²,滩涂面积1005km²。经济区2015年人口2050.12万人,城镇化率49.4%,实现地区生产总值7995.88亿元,其中工业增加值2726.33亿元,三产比例为15.3:43.0:41.7,人均地区生产总值39002元。经济区地处华南经济圈、西南经济圈和东盟经济圈的结合部,服务西南、华南和中南,沟通东中西,面向东南亚,是连接多区域的重要通道、交流桥梁和合作平台。此外,经济区既是“一带一路”中国大陆区主体路线的起点^[4-5],又是背靠大西南、面向东南亚“一带一路”海上通道的起点,是“一带一路”陆海通道的结合部。

2 水资源脆弱性

1982年Hashimoto等^[6]给出了水资源系统可靠性、恢复能力以及脆弱性的定义和数学表达式。1996年Kenneth等^[7]介绍了美国国家研究计划(the United States Country Studies Program, USCSP)推荐的关于水资源系统应对气候变化的脆弱性和适应性的评价方法。陈攀等^[8]对国内外水资源脆弱性研

究进展进行总结,明确了水资源脆弱性的内涵,给出了水资源脆弱性评价指标体系的构建原则。对水资源脆弱性的评价方法主要分为2种:指标法和函数法^[9],指标法又分单一指标法^[10-12]和多指标法^[13-14]。夏军等^[9,15-16]通过建立水资源脆弱性与敏感性和适应性的函数表达式来分析流域或区域的水资源脆弱性,敏感性采用径流对降水、气温的双参数弹性系数法进行求解;适应性采用与空间尺度无关的指标计算,即水资源开发利用率、 I_F 指数(Falken mark index,即百万立方米水承载人口数)、人均用水量,来构建适应性的函数表达式。

水资源脆弱性是敏感性和适应性的函数^[15]。

$$V = \frac{S}{C} \tag{1}$$

其中 $S = 1 - \exp(-|e_{\Delta p, \Delta T}|)$

$$C = \exp\left(-rk - I_F \frac{W}{P}\right)$$

$$I_F = \frac{P}{Q}$$

式中: V 为水资源脆弱性; S 为水资源系统对气候变化的敏感性; C 为水资源系统对社会经济的适应性; $e_{\Delta p, \Delta T}$ 为径流对降水、气温的双参数弹性系数; r 为本地地表水资源开发利用率,由本地地表水供水量与本地地表水资源量之比得到; Q 为水资源可利用水量; k 为尺度因子,是常数,取 $k = 2.3$ ^[15]; P 为人口数量; W 为用水量。

由于气候变化影响的不确定性^[9],本文暂不考虑敏感性,仅考虑适应性,敏感性采用恒定值,本次取敏感性 $S = 0.1$,即认为气候变化对广西北部湾经济区水资源系统整体影响不大。因此,水资源脆弱性表达式为

$$V = \frac{0.1}{\exp(-rk - I_F \frac{W}{P})} \tag{2}$$

将水资源脆弱性指标 V 分为9个等级,分级情况见表1^[16]。

表1 水资源脆弱性指标分析

级 别	V	级别描述
I	(0,0.5]	不脆弱
II	(0.05,0.10]	弱脆弱
III	(0.10,0.20]	中脆弱
IV	IV ₁	强脆弱第一等级
	IV ₂	强脆弱第二等级
	V ₁	极脆弱第一等级
V	V ₂	极脆弱第二等级
	V ₃	极脆弱第三等级
	V ₄	极脆弱第四等级

3 广西北部湾经济区水资源脆弱性评价

3.1 研究区水资源条件

广西北部湾经济区内河流属于珠江流域的郁江水系、西江水系、红柳江水系和粤西桂南沿海诸河四大水系,代表性河流有郁江干流、左江、右江、南流江、钦江、大风江、茅岭江、防城河与北仑河等。

经济区多年平均水资源量为 564.9 亿 m³,2015 年人均水资源量为 2755 m³,属于富水地区。但是,其水资源空间分布不均衡,降雨量北少南多、西少东多。从水资源总量看,北部的南宁水资源总量最多,中部的玉林、钦州、崇左次之,南部的防城港和北海最少,呈现“北多南少”的格局。人均水资源量防城港最高,为 7949 m³;玉林最低,为 1957 m³;其他城市从大到小排序为崇左、钦州、南宁、北海。受降雨、地形、植被等多种因素影响,经济区水资源时间分布不均,汛期 4—9 月径流量占全年水资源量的比例在 70% 以上。

3.2 水资源脆弱性评价

2015 年国家正式发布了《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》,“一带一路”逐步进入快速建设期,考虑到资料的完整性,本文选取 2015 年为现状年。“一带一路”的建设具有长期性,综合考虑《广西壮族自治区实行最严格水资源管理制度考核办法》《北部湾城市群发展规划》等现有规划方案,本文以 2030 年为例,研究“一带一路”建设对广西北部湾经济区水资源脆弱性的影响。2015 年计算数据来自《广西水资源公报》《广西统计年鉴》《广西水资源综合规划》等资料,2030 年人口规模采用基于人口增长的逻辑模型进行预测,用水量采用最严格水资源管理制度中的用水总量控制指标,该指标已经考虑到了经济区未来社会经济的发展对水资源量的需求。

用水总量控制指标是基于多年平均情况下的,而水资源公报数据是基于当年的实际用水量统计数据,为了便于比较,需要把水资源公报数据换算成多年平均情况的用水量数据,主要是农业灌溉用水量的换算。换算方法是根据水资源公报、雨量站等降水量资料,计算 2015 年各行政区降水量,并分析其降水丰枯程度(包括距平、降水频率),根据降水丰枯程度,将现状年农业灌溉用水量转换到多年平均用水量;对于近几年降水能够代表平水年或多年平均状况的区域,可采用近几年农业灌溉用水量平均值作为多年平均农业灌溉用水量。

在环境资源受限情况下,逻辑斯蒂增长模型是一种常用的研究生物群落增长状况的方法,在人口增长研究中也得到了成功应用。该模型有 3 种通用

方程形式和 1 种积分形式,本文采用积分形式预测 2030 年广西北部湾经济区的人口数量,基于人口增长的模型计算公式^[11]为

$$x(t) = \frac{x_m}{1 + \left(\frac{x_m}{x_0} - 1\right)e^{-\beta t}} \tag{3}$$

式中: $x(t)$ 为从基准年算起的 t 年后的人口预测值; x_0 为基准年人口; x_m 为研究区可承载的最大人口规模,可以通过多年数据率定获得; β 为研究区人口规模不大时的人口自然增长率。

相对误差是一种衡量模拟值与实际值差异情况的指标,相对误差值越小,模型精度越高。本文采用相对误差评价人口预测模型的有效性,计算公式^[12]为

$$E_R = \frac{\sum (V_s - V_0)}{\sum V_0} \tag{4}$$

式中: E_R 为相对误差; V_0 为实际值; V_s 为模拟值。

根据《广西统计年鉴》,以 2005 年为基准年,率定数据为 2005—2015 年人口数量,并对 2030 年人口进行预测,得出 2030 年北部湾经济区人口总量为 2 983 万人。用水量指标采用 2030 年用水总量控制指标,结果见表 2。根据水资源脆弱性计算公式,2015 年和 2030 年经济区水资源脆弱性计算结果见表 3。

表 2 广西北部湾经济区 2030 年人口和用水指标预测结果

行政区	x_m	$E_R/10^{-5}$	2030 年人口/万人	2030 年用水总量控制指标/亿 m ³
南 宁	1 700	-7.01	855	39.70
北 海	860	1.14	217	12.79
钦 州	2 660	-6.79	539	16.95
防城港	204	-1.24	118	9.63
玉 林	2 610	1.98	977	26.95
崇 左	750	2.78	277	15.81
合 计	8 784		2 983	121.83

表 3 广西北部湾经济区水资源脆弱性计算结果

行政区	2015 年		2030 年		增幅/%
	V	级别	V	级别	
南 宁	0.282	强脆弱一级	0.325	强脆弱二级	15.25
北 海	0.544	极脆弱一级	0.801	极脆弱二级	47.24
钦 州	0.219	强脆弱一级	0.238	强脆弱一级	8.68
防城港	0.164	中脆弱	0.190	中脆弱	15.85
玉 林	0.288	强脆弱一级	0.328	强脆弱二级	13.89
崇 左	0.163	中脆弱	0.185	中脆弱	13.50
全 区	0.236	强脆弱一级	0.271	强脆弱一级	14.83

由表 3 可知,广西北部湾经济区 2015 年和 2030 年水资源脆弱性指标分别为 0.236 和 0.271,评价等级均为“强脆弱一级”。脆弱性指标最高的是北海市,2015 年为 0.544,2030 年为 0.801,评价等级由“极脆弱一级”提高到“极脆弱二级”。脆弱性指

标最低的是崇左市,2015 年为 0.163,2030 年为 0.185,评价等级均为“中脆弱”。其他城市脆弱性指标由强到弱的排序是:玉林、南宁、钦州、防城港。

经济区水资源脆弱性与当地水资源可利用量、社会经济发展对水资源的需求量、水资源开发利用方式等密切相关,是反映区域水资源、社会经济、生态环境的一个综合性指标,评价结果与当地水资源稀缺程度、用水需求、用水方式相适应。北海市水资源脆弱性最高,是因为其社会经济用水总量大于水资源可利用量,超出了本地水资源承载能力;而崇左市水资源脆弱性最低,是因为其水资源可利用量较为丰富,可供水量可以满足经济社会发展需求。

3.3 “一带一路”实施对研究区水资源脆弱性的影响

从表 3 可知,广西北部湾经济区水资源脆弱程度在 2015 年和“一带一路”实施之后的 2030 年均处于“强脆弱一级”,但是脆弱性指标由 0.236 上升到 0.271,增加 0.035,增幅为 14.83%。说明“一带一路”的实施对该区水资源脆弱性影响较大,水资源条件对承载未来社会经济的发展存在较大的压力,需要采取工程和非工程等措施加以应对。

从各行政区的分布来看,2015 年北海市的水资源最为脆弱,脆弱性指标为 0.544,属于“极脆弱一级”;“一带一路”实施之后的 2030 年,水资源脆弱性指标上升为 0.801,增幅 47.24%,提高到“极脆弱二级”,说明“一带一路”实施对北海市水资源脆弱性影响最大。其次是南宁市和玉林市,水资源脆弱性由 2015 年的“强脆弱一级”上升到“强脆弱二级”。“一带一路”实施对水资源脆弱性影响最低的是崇左市和防城港市,实施前后均属于“中脆弱”等级。

图 1 为广西北部湾经济区水资源可利用量与用水量。由图 1 可见,南宁、钦州、防城港、玉林、崇左均能够满足 2015 年及 2030 年“一带一路”实施后的用水量需求,但是北海市用水量大于水资源可利用量,超出了本地水资源承载能力。因此,为了“一带一路”的顺利实施,必须加大北海市的节水工程力度和建设外流域调水工程,统筹整个北部湾经济区水资源量,进行水资源优化配置。

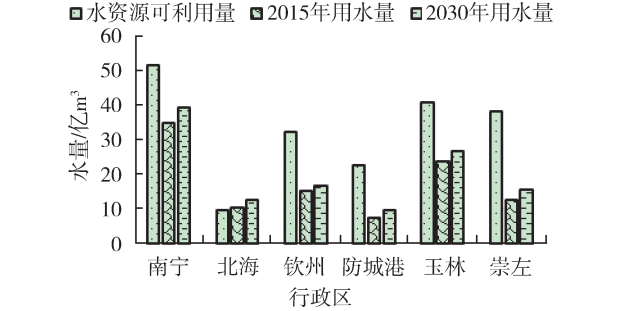


图 1 广西北部湾经济区水资源可利用量与用水量

图 2 为广西北部湾经济区用水量增长率和水资源脆弱性增幅。由图 2 可见,用水量的增长对该区水资源脆弱性的增加有明显的影 响,说明“一带一路”的实施使得该区水资源利用量增加,导致当地水资源脆弱性增加;由于当地水资源禀赋条件的限制,用水量的增加对北海市水资源脆弱性影响最为明显。

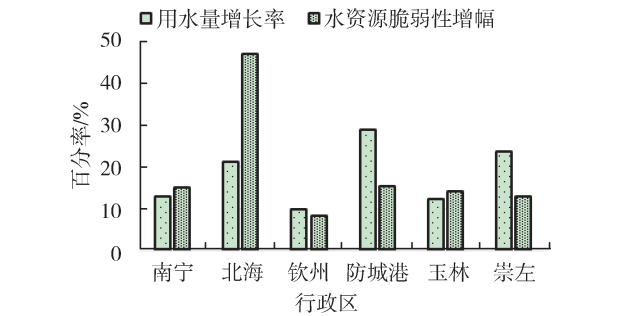


图 2 广西北部湾经济区用水量增长率和水资源脆弱性增幅

图 3 为广西北部湾经济区 2015 年和 2030 年人均用水量。由图 3 可见,除防城港市之外,该区人均用水量均在减小,其中钦州市人均用水量减小幅度最大。图 4 为广西北部湾经济区 2015 年和 2030 年 I_F 值。由图 4 可见, I_F 指数最高的是玉林市和北海市;2030 年经济区 I_F 在增加,增加幅度最大的是玉林市。因此,随着“一带一路”的实施,该区社会经济实现跨越式发展,人口规模、经济总量均大幅度增加,使得当地水资源承载社会经济规模在加大,致使当地水资源脆弱性增加,需要采取强有力的措施保护水资源,才能促进当地社会经济的可持续发展,支撑“一带一路”的顺利实施。

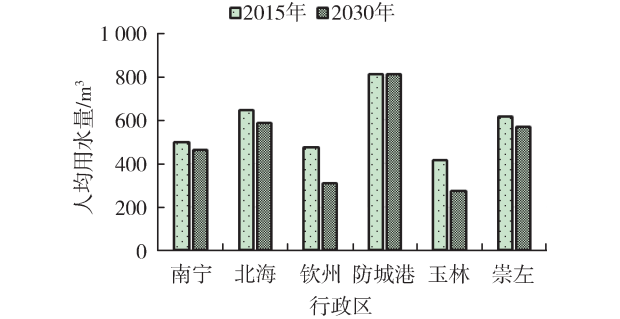


图 3 广西北部湾经济区 2015 年和 2030 年人均用水量

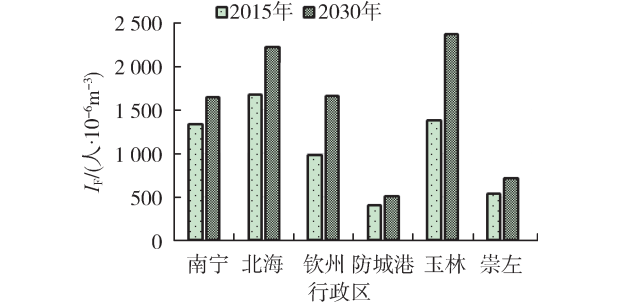


图 4 广西北部湾经济区 2015 年和 2030 年 I_F 值

4 结 论

a. 2015—2030 年,广西北部湾经济区水资源脆弱性指标由 0.236 上升到 0.271,增幅 14.83%,说明“一带一路”的实施对广西北部湾经济区水资源脆弱性影响较大,水资源条件对承载未来社会经济的发展存在较大的压力,需要采取工程和非工程措施加以应对。

b. “一带一路”对北部湾经济区不同分区水资源脆弱性的影响程度不同,2015—2030 年,水资源脆弱性增加率从大到小依次为北海市、防城港市、南宁市、玉林市、崇左市和钦州市。北海市水资源脆弱性指标由“极脆弱一级”提高到“极脆弱二级”,增幅高达 47.24%,说明“一带一路”实施对北海市水资源压力最大,为此,一方面需要采取强化节水措施,另一方面需要开发新水源或者建设跨流域调水工程以应对未来水资源的供需矛盾。

c. 北部湾经济区不同行政分区水资源脆弱性的表现形式及原因不同,如北海市水资源脆弱性主要与用水量大于水资源可利用量有关,防城港市主要与人均用水量较高有关,不同分区应综合考虑在“一带一路”建设中的位置、水资源情况、经济社会条件等,合理的水资源管理政策,以减轻水资源脆弱性。

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/t201503/t20150328_669091.html.

[2] 国家发展改革委员会,住房城乡建设部. 北部湾城市群发展规划 [EB/OL]. (2017-02-10) [2017-12-02]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201702/t20170216_838010.html.

[3] 唐克旺. 中国治水已进入大保护的新时代 [J]. 水资源保护,2018,34(1):16-17. (TANG Kewang. China's water management has entered a new era of great protection [J]. Water Resources Protection,2018,34(1):16-17. (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 experience [J]. Journal of Irrigation and Drainage,2018,37(1):1-7. (in Chinese))

[6] HASHIMOTO T, LOUCKS D, STEDINGER J. Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resources systems [J]. Water Resources Research,1982,18(1):14-20.

[7] KENNETH M, STRZEPEK-DAVID N Y. Assessment of water resources vulnerability and adaptation to climate change [J]. International Journal of Water Resources Development,1996,12(2):111-120.

[8] 陈攀,李兰,周文财. 水资源脆弱性及评价方法国内外研究进展 [J]. 水资源保护,2011,27(5):32-38. (CHEN Pan, LI Lan, ZHOU Wencai. Research progress on vulnerability of water resources and assessment methods at home and abroad [J]. Water Resources Protection,2011,27(5):32-38. (in Chinese))

[9] 夏军,翁建武,陈俊旭,等. 多尺度水资源脆弱性评价研究 [J]. 应用基础与工程科学学报,2012,20(增刊1):1-14. (XIA Jun, WENG Jianwu, CHEN Junxu, et al. Multi-scale water vulnerability assessment research [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2012, 20 (Sup 1):1-14. (in Chinese))

[10] CHANG H,FRANCZYK J,IM E S. Vulnerability of Korean water resources to climate change and population growth [J]. Water Science & Technology,2007,56(4):57-62.

[11] PAN Hulin. Vulnerability of an inland river basin water resource system under the background of future accelerated glacier melt;a case of Yarkent River Basin in arid Northwest China [J]. Sciences in Cold and Arid Regions,2012,4(5):394-400.

[12] WU Guangyang, LI Lanhai, SAJJAD A, et al. A dynamic model for vulnerability assessment of regional water resources in arid areas;a case study of Bayingolin, China [J]. Water Resources Management,2013,27:3085-3101.

[13] WANG X,MA F B,LI J Y. Water resources vulnerability assessment based on the parametric-system method;a case study of the Zhangjiakou region of Guanting Reservoir Basin,North China [J]. Procedia Environmental Sciences, 2012,13:1204-1212.

[14] YANG Xiaohua, DI Chongli, HE Jun, et al. Integrated assessment of water resources vulnerability under climate change in Haihe River Basin [J]. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow,2015,25(8):1834-1844.

[15] XIA Jun, QIU Bing, LI Yuanyuan. Water resources vulnerability and adaptive management in the Huang, Huai and Hai river basins of China [J]. Water International, 2012,37(5):523-536.

[16] XIA Jun,CHEN Junxu,WENG Jianwu,et al. Vulnerability of water resources and its spatial heterogeneity in Haihe River Basin, China [J]. Chinese Geographical Science, 2014,24(5):525-539.

(收稿日期:2018-02-28 编辑:徐 娟)