

丝绸之路经济带生态环境风险评估及发展趋势预判

郑玉雯¹, 薛伟贤²

(1. 西安工程大学 管理学院, 陕西 西安 710048;

2. 西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710048)

摘要:运用相对风险模型评估丝绸之路经济带生态环境风险,并基于生态现代化理论预判趋势。研究表明:以水体为环境受体,干旱气候灾害和人口增长这两类自然风险是丝绸之路经济带主要的生态环境风险源;沿线区域中,中亚和南亚国家处于高生态环境风险区,欧洲多数国家处于低生态环境风险区。丝绸之路经济带实现生态现代化目标任重道远。

关键词:丝绸之路经济带;生态环境风险;相对风险模型;生态现代化

中图分类号:F119.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2022)02-0095-10

Risk Assessment and Development Trend Prediction of Ecological Environment in the Silk Road Economic Belt

ZHENG Yuwen¹, XUE Weixian²

(1. School of Management, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. School of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The relative risk model is used to evaluate the ecological environment risk of the Silk Road Economic Belt, and its development trend is predicted based on the theory of ecological modernization. The research shows that taking water as the environmental receptor, drought climate disaster and population growth are the main eco-environmental risk sources of the Silk Road Economic Belt; Among the regions along the line, central and South Asian countries are in high ecological and environmental risk areas, and most countries in Europe are in low ecological and environmental risk areas. The Silk Road Economic Belt has a long way to go to achieve the goal of ecological modernization.

Key words: the Silk Road Economic Belt; ecological environment risk; relative risk model; ecological modernization

丝绸之路经济带区域生态本底脆弱,加之其以沿线国家经济增长和福利增加为绝对目标,引发了一系列潜在的生态环境风险,既存在由于自然资源约束导致的生态自然风险,也存在丝绸之路经济带建设导致的环境污染风险,成为丝绸之

路经济带高质量发展的桎梏。为此,从风险防范的角度出发,全面评估丝绸之路经济带生态环境风险并预判发展趋势,不仅有助于为沿线国家共谋生态环境的协同治理路径提供现实参考,还为推进丝绸之路经济带高质量发展提供理论支撑。

收稿日期:2021-04-23 修回日期:2022-01-13

基金项目:国家社会科学基金项目“丝绸之路经济带生产网络与生态环境协同发展研究”(17BJL005);国家自然科学基金青年项目“双重价值链嵌入对我国纺织业企业污染减排的影响机制及减排路径研究”(72103160)。

作者简介:郑玉雯(1984—),女,陕西西安人,博士,西安工程大学管理学院讲师,研究方向为社会经济系统优化与管理、绿色发展。通信作者:薛伟贤。

生态环境风险是指由自然原因和人类活动引发,通过降低生态环境质量以及生态系统服务功能,产生危害人类生存与发展的可能性和后果^[1]。从可持续发展理念出发,人类活动虽然在生态环境风险体系中居于主导地位,依然受到来自自然环境的约束与限制^[2],因此自然原因和人类活动是生态环境风险评估不可或缺的两个方面。目前文献多从风险源识别以及风险源对环境受体带来的不利影响展开,认为风险源、受体以及不利影响是生态环境风险的典型特征^[3-4]。有学者认为,生态环境风险系统应包括风险源、初级控制机制、环境风险场、次级控制机制、风险受体以及产生危害等组成部分^[5]。区域生态环境风险评估体系包含风险来源、风险成因、危害对象、生态环境要素这四个基本要素^[6-7]。还有学者从生态环境受体出发,提出区域生态环境风险评估体系研究框架^[8-10]。值得关注的是,对生态环境风险合理分类,是生态环境风险识别、评估以及管理的重要依据^[11]。现有文献对生态环境风险源的识别主要基于环境受体、危险物质的状态以及风险源的传播方式三类视角展开^[12]。在生态环境风险成因方面,关注突发性和重大风险事件以及对污染型行业存在的潜在生态环境风险,更多集中在对特定环境风险来源、成因和解决方案的分析上^[13-14]。需要明确的是,生态环境风险评价具有预见性,受人们主观思维影响,在生态环境风险评估的各个环节都具有不同程度的模糊性。为此,较多研究采用模糊理论与概率论相结合的方法,其核心思想是,生态环境风险评估是定量预测

风险源对生态环境系统产生风险的不确定性以及该风险的可接受程度^[15]。这类型研究中相对风险模型(relative risk model,RRM)得到普遍应用,相较于主观色彩浓厚的评估方法,RRM 以科学准确地识别风险源、测算风险源发生的概率以及测度风险产生的大小为前提,测算结果更加可靠和具有说服力。

本文运用 RRM 模型对丝绸之路经济带生态环境风险进行评估,进而预判发展趋势。相较于已有文献,本文的边际贡献主要体现在两个方面:一是从生态自然和人类经济活动双重视角出发,识别丝绸之路经济带生态环境风险源,有助于把握环境受体在生态自然要素和人类经济活动共同影响下所产生的效应;二是鉴于丝绸之路经济带生态环境系统的复杂性特征,水体最能够反映生态环境风险带来的不利效应,具有明显的指示意义,以水体为环境受体阐释丝绸之路经济带生态环境风险的类型,具有较高研究价值。

一、丝绸之路经济带生态环境风险源识别

生态环境风险源是生态环境风险事件发生的先决条件,不仅包括生态环境损害事件对周边敏感受体所产生的影响,还包括生态环境风险释放的不确定性^[16]。对风险源进行科学的分类和识别,是研究生态环境风险的重要前提。

(一) 风险源的分类

以生态环境受体为探究丝绸之路经济带生态环境风险评价的出发点,对生态环境风险源进行分类,并进一步从生态自然和人类社会经济活动对风险源带来的危害进行描述,见表 1。

表 1 生态环境风险源分类及描述

类型	可能来源	描述	环境受体
自然视角	气候灾害	干旱、洪涝、极端降雨、雪灾	土壤、水体、大气
	地质灾害	滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷、地面沉降等	土壤
	海洋灾害	风暴潮、海啸、海岸侵蚀、台风等	土壤、水体
	地震灾害	强烈地面震动引起的包括火灾、爆炸、瘟疫、放射性污染等次生灾害	土壤、水体、大气
	人口增长	可再生资源消耗速率超过其再生能力、温室效应、生活污水排放	土壤、水体、大气
	区域扩张	野生动植物栖息地质量下降、生物多样性减退、植被退化、水土流失	土壤、水体、大气
人为视角	工矿业、农业生产	能源及矿产资源过度消耗、重金属污染、固体废弃物排放、酸雨、持久性有机污染、工业废水排放	土壤、水体、大气
	基础设施建设	固体废弃物排放、酸雨	土壤、水体、大气
	医疗卫生、科研、工业生产	化学毒性物质和放射性污染物排放、固体废弃物排放、工业废水排放、酸雨	土壤、水体、大气

(二) 丝绸之路经济带生态环境风险源描述

从生态自然和人类社会经济活动对环境受体造成的危害出发,丝绸之路经济带生态环境主要存在气候灾害、人口增长、区域扩张、基础设施建设、工业生产和农业生产共 6 类风险源,如图 1 所示。

丝绸之路经济带生态环境中的大气、水体和土壤受到的风险危害表现为水资源紧缺、能源供给能力较差、森林植被覆盖率低、降水量有限、酸雨、固体废弃物排放、温室气体排放、工业废水排放、生活污水排放、水体富营养化。

第一,水资源紧缺。水资源紧缺且开发利用难度大、供需矛盾突出以及废污水排放造成的淡水资源短缺等问题是沿线区域生态环境风险的重要表现。首先,在丝绸之路经济带范围所涉及的主要地区中,北非、中亚和西亚为干旱或极端干旱区域,存在河流干涸、水位下降等危害现象;其次,该区域分布着众多跨界河流,导致跨界水资源供需矛盾问题突出;最后,沿线居民生存和发展进程中的浪费和污染导致水资源紧缺和水质恶化等问题引起生态环境劣变。

第二,能源供给能力较差。丝绸之路经济带的中亚、西亚和南亚是世界石油和矿产资源集聚区,资源禀赋决定能源产业成为其比较优势。近年来沿线国家采取联动能源合作方式,但由于沿

线国家能源制造业的配套基础较差,合作层次较低,导致能源合作以开采和运输为主。因此,沿线各国不断拓展综合运输通道体系,优化能源进出通道和运输网络,加之石油和矿产资源属于不可再生能源,导致能源供应紧张的潜在风险。

第三,森林植被覆盖率较低。随着丝绸之路经济带工业化进程的深入推进,森林植被造成破坏,对生态环境脆弱的区域带来的压力将进一步增加环境风险。丝绸之路经济带核心区和重要区主要包括了中国和中亚区域,该区域地处欧亚大陆腹地,大部分地区属于干旱、半干旱地区,生态环境十分脆弱,水土流失和土地沙漠化、盐渍化严重,导致森林植被大量减少。在资源开发过程中,毁林开荒、过度放牧和工业污染时有发生,对森林植被的破坏性一直存在。

第四,降水量有限。丝绸之路经济带核心区和重要区的中亚、西亚、北非干旱、少雨,而南亚地区表现为干旱与洪涝的极端气候,全年 80% 以上的降水集中在 5—9 月,也经常会发生大面积的干旱。近年来,受全球气候暖化的影响,这些区域干旱日趋严重,直接导致了沿线国家大气环境风险,降水量偏少致使大气中的污染物不能够得以有效清除,还降低了水体稀释污染物和对有机污染物氧化降解的能力,给沿线区域脆弱的生态平衡系统带来了严重危害。

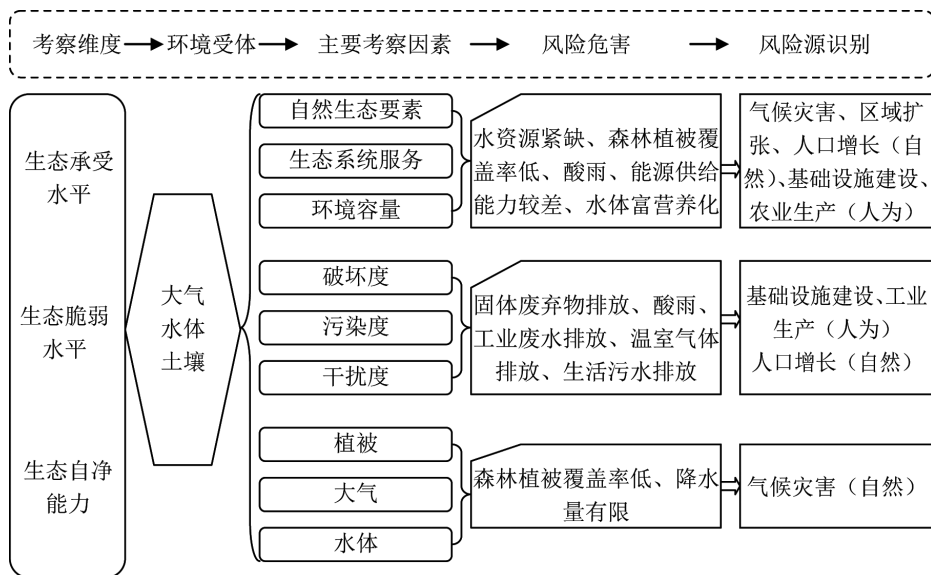


图 1 丝绸之路经济带生态环境风险源识别

第五,酸雨。丝绸之路经济带沿线区域的中亚、西亚、南亚均为世界能源富集区,然而能源产业本身的高污染属性,以及基础设施建设中大量燃料的燃烧和交通运输工具排放出大量扬尘颗粒,造成了二氧化硫、氮氧化物等复合型污染的存在,与空气中的水分合成形成酸雨,严重威胁到生态环境的平衡。

第六,固体废弃物排放。丝绸之路经济带核心区 and 重要区以发展中国家和新兴经济体为主,丝绸之路经济带建设带给了这些国家工业化进程加速的机遇,然而规模效应直接导致沿线国家固体废弃物排放量的增加,其填埋与回收利用与一国陆地面积、经济发展水平等因素密切相关,处置难度较大,严重危害到区域生态环境质量。

第七,温室气体排放。丝绸之路经济带沿线区域聚集了全球近 1/3 的人口,排放了全球近一半的 CO_2 ^[17],尤其是南亚、东亚和北非人口密度较高,加之工业化进程的持续推进,致使温室气体排放量不断增加。

第八,工业废水排放。丝绸之路经济带沿线国家工业生产以及大规模的工程建设等产生了大量废水和废液,其中含有随水流失的工业生产用料、中间产物、副产品以及污染物,种类繁多,成分复杂,造成水体大面积污染,对沿线水文系统造成了严重的损害,严重威胁沿线区域生态系统的平衡。

第九,生活污水排放。丝绸之路经济带沿线核心区和重要区的人口密度较高,这些区域的居民日常生活中排放出的污水主要源于住宅、医院、学校及其他公共场所,易产生恶臭并传播病菌。而且,这些区域经济发展较为落后,环保技术水平未得以有效提高,污水净化率较低;同时,限制了生态文明水平的提升,居民环保意识较差,污水排放量未得到有效控制,危害到沿线区域生态环境系统的循环净化能力。

第十,水体富营养化。丝绸之路经济带沿线国家的农业在国民经济中占据重要地位,由于农业灌溉用水不断增加,水体富营养化严重,造成咸海底部盐碱化裸露,形成盐碱沙尘,导致水体自净能力变差,沿线水域循环系统难以恢复平衡状态,这一困境已成为绿色丝绸之路经济带建设的最大环境问题。

(三)丝绸之路经济带生态环境风险源分析:
以水体为例

丝绸之路经济带生态脆弱,沿线区域境内水资源量只有世界的 35.7%,但水资源年开采量占世界的 66.5%,水资源环境压力较大,最为典型的是沿线区域水资源匮乏、用水结构不合理以及水体污染严重。因此,水体在丝绸之路经济带生态环境系统中具有明显的风险指示意义^[18],可以作为丝绸之路经济带生态环境受体的代表性分析对象,见表 2。

表 2 丝绸之路经济带水体受到危害的表现及类型

环境受体	风险表征	危害表现	风险源	风险类型
水体	水资源量	水源性缺水(缺少水源补给造成的缺水)	干旱和半干旱等气候灾害	自然视角
		利用性缺水(跨界水资源冲突、产业结构和布局不合理等造成的缺水)	区域扩张	自然视角
			工业生产	人为视角
		水质性缺水(废污水排放造成的淡水资源污染和短缺)	人口增长	自然视角
			基础设施建设	人为视角
	水环境容量	生活污水污染	人口增长、区域扩张	自然视角
		水体富营养化	农业生产	人为视角
	水体自净能力	水体稀释污染物的能力下降,水质变差	干旱和半干旱等气候灾害	自然视角
		水体的溶解氧补给减少,有机污染物氧化降解能力降低		

二、评估模型

相对风险模型的基本理论表明,极端生态事件并不必然导致风险,而是与其带来的危害性和损失程度叠加后产生风险。借鉴 RRM 评价思路,

将生态环境风险视为某一区域风险源发生的概率、风险源作用于该区域生态环境的危害程度和环境受体受到的损失三大因子的函数式,具体模型如下:

$$R_{ij} = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} (H_{ij} \times V_{ij} \times S_{iwj}) \quad (1)$$

在式(1)中, R_{ij} 为风险源 j 作用于区域 i 的风险值, H_{ij} 为区域 i 风险源 j 发生的概率, V_{ij} 为风险源 j 作用于区域 i 生态环境受体的危害系数, S_{iwj} 为区域 i 环境受体 w 受到风险源 j 危害产生的损失, α_{ij} 为区域 i 风险源 j 的权重。

本文中共有 6 类风险源,以水体作为环境受体,干旱气候灾害、人口增长和区域扩张是自然视角下丝绸之路经济带生态环境的风险源,基础设施建设、工业生产和农业生产是人为视角下丝绸之路经济带生态环境的风险源。三类变量中, S_{iwj} 表示丝绸之路经济带水环境受体在风险源胁迫下的潜在损失,以单位生态系统中水体能够为全社会提供的产品和服务的价值当量表示,该变量为常数; H_{ij} 表示丝绸之路经济带沿线区域风险源发生的概率, V_{ij} 表示风险源对丝绸之路经济带沿线区域生态环境的危害系数,这两类变量及其说明见表 3。

表 3 变量及说明

风险源	风险源发生的概率(H_{ij})	风险源的危害系数(V_{ij})
干旱气候灾害	50 年来发生干旱气候灾害频次标准化值(-)	降水量标准化值(+)
人口增长	人口密度标准化值(-)	人均淡水资源量标准化值(+)
区域扩张	城镇化率标准化值(-)	废水产生量标准化值(-)
基础设施建设	基础设施建设项目投入占国民总支出比重标准化值(-)	可抽取淡水量标准化值(+)
工业生产	第二产业占 GDP 比重标准化值(-)	工业用水抽取量标准化值(-)
农业生产	第一产业占 GDP 比重标准化值(-)	农业用水抽取量标准化值(-)

注: + 表示指标属性为正,该指标数值越大,风险越小; - 表示指标属性为负,该指标数值越大,风险越大。

三、样本选择、数据来源及处理

综合考量丝绸之路经济带沿线区域的自然资源禀赋、生态环境本底以及经济发展战略规划和经济发展水平的差异性,兼顾数据的可获得性,剔除掉数据缺失严重的国家,最终确定丝绸之路经济带沿线 35 个国家作为样本^[19],见表 4。

表 4 丝绸之路经济带辐射区域及国家样本

区域划分	国家	地理分布
核心区	中国	东亚
	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	中亚
重要区	印度、巴基斯坦、阿富汗、缅甸	南亚
	伊朗、伊拉克、土耳其、沙特、亚美尼亚	西亚
	俄罗斯	欧洲
拓展区	意大利、西班牙、葡萄牙、希腊、波兰、捷克、匈牙利、德国、立陶宛、英国、爱尔兰、荷兰、比利时、法国、瑞典、芬兰、丹麦	欧洲
	埃及、利比亚、阿尔及利亚	北非

研究涉及数据:①风险源发生风险的概率数据中,丝绸之路经济带沿线地区 50 年来干旱灾害发生频次数据来源于中国科学院资源与环境科学数据中心。依据遥感监测图,无法准确对照每一个国家确定干旱灾害发生的频次,只能分辨出一个国家的大致位置,根据丝绸之路经济带沿线国的地理区位,采用人工目视判读确定东亚、中亚、西亚、南亚、北非、南欧、中欧、东欧、西欧、北欧这 10 个区域 50 年来的干旱灾害发生频次,并将其均值作为沿线国家的干旱灾害发生频次。人口密度、城镇化率、基础设施建设项目投入占国民总支出的比重以及第一产业和第二产业占 GDP 比重数据均通过世界银行数据库计算获得;②风险源作用于丝绸之路经济带水体环境的危害系数数据中,降水量、人均淡水资源量、可抽取淡水量、工业用水抽取量和农业用水抽取量数据均来源于世界银行数据库,废水产生量数据来源于联合国统计司统计数据;③水体的生态系统服务价值当量。依据谢高地在 2003 年制定的生态系统服务价值当量表,水体在一个标准单位生态系统中能够提供的生态系统服务功能的价值当量为 45.67。为消除指标间量纲和数量级的差异,使得指标间具有可比性,采用极差标准化方法对指标的原始数据进行标准化处理。

四、结果及分析

以水体作为环境受体,分别对丝绸之路经济带生态环境受到各单项风险源危害的损失进行测算,继而对各单项风险源的测算结果进行等权重叠加,得到丝绸之路经济带生态环境风险值,见表 5。

表 5 2017 年丝绸之路经济带沿线国家生态环境风险测算结果

区域	国家	干旱气候 灾害风险	人口增长 风险	区域扩张 风险	基础设施 建设风险	工业生产 风险	农业生产 风险	生态环境 风险
东亚	中国	20.232	12.117	7.488	38.714	4.954	7.032	15.120
中亚	哈萨克斯坦	41.215	0.234	20.114	0.455	4.757	4.213	11.855
	吉尔吉斯斯坦	34.879	1.891	0.559	0.006	0.391	16.970	9.134
	塔吉克斯坦	31.342	4.135	0.001	0.001	0.318	27.802	10.621
	乌兹别克斯坦	42.200	6.514	0.016	0.147	0.242	41.655	15.159
南亚	印度	14.104	39.099	0.263	8.758	0.165	20.861	13.903
	巴基斯坦	22.345	24.210	0.029	1.108	0.003	34.368	13.704
	阿富汗	24.682	4.558	0.001	0.047	0.001	32.235	10.274
	缅甸	0.001	2.543	0.003	0.184	0.056	35.023	6.314
西亚	伊朗	26.067	3.948	0.031	1.363	0.096	13.576	7.529
	伊拉克	26.235	7.367	0.028	0.632	5.169	1.932	6.908
	沙特	28.432	1.067	0.135	2.089	0.730	2.483	5.834
	土耳其	20.960	8.376	1.146	2.182	1.289	7.037	6.845
	亚美尼亚	21.394	8.285	0.096	0.017	0.279	19.460	8.272
北非	埃及	28.544	8.553	0.011	0.803	0.344	15.069	8.905
	利比亚	28.474	0.001	0.034	0.134	2.337	1.836	5.480
	阿尔及利亚	28.012	1.242	0.030	0.348	0.940	11.089	6.957
南欧	意大利	28.186	16.332	1.814	5.547	1.945	1.032	9.161
	西班牙	32.573	7.445	0.725	3.955	0.721	2.557	8.012
	葡萄牙	27.693	8.574	0.137	0.701	0.448	1.997	6.605
	希腊	32.215	5.883	0.111	0.652	0.001	4.626	7.262
中欧	波兰	0.033	10.314	0.275	1.518	0.001	0.239	2.067
	捷克	0.032	11.548	0.218	0.412	9.152	0.051	3.576
	匈牙利	0.034	9.188	0.086	0.409	7.182	0.292	2.871
	德国	0.031	20.094	4.966	10.716	9.068	0.001	7.494
东欧	立陶宛	32.126	3.036	0.030	0.107	6.018	0.390	6.965
	俄罗斯	36.514	0.001	0.330	3.878	8.948	0.845	8.436
西欧	英国	0.019	22.561	1.465	1.397	0.270	0.026	4.298
	爱尔兰	0.022	3.907	0.019	0.001	1.231	0.101	0.882
	荷兰	0.029	44.706	1.409	2.415	2.098	0.001	8.460
	比利时	0.028	32.446	1.149	1.595	2.988	0.001	6.380
	法国	0.027	9.596	2.516	7.586	1.039	0.182	3.498
北欧	瑞典	0.033	0.785	0.612	1.007	3.795	0.044	1.048
	丹麦	0.031	11.650	0.521	0.378	1.006	0.213	2.305
	芬兰	0.035	0.448	0.594	0.864	6.769	0.006	1.456

对比干旱气候灾害、人口增长、区域扩张、基础设施建设、工业生产和农业生产六类风险评估值,不难发现,干旱气候灾害和人口增长这两类自然风险是目前丝绸之路经济带沿线国家的主要生态风险源,见图 2。

运用 eviews 6 对 2017 年丝绸之路经济带沿线 35 国的生态环境风险值进行特征分析,见表 6。首先,丝绸之路经济带沿线 35 个样本国家的生态环境风险均值为 7.2454,最大和最小值分别为 15.1590、0.8820,初步发现 35 个国家生态环境风险值具有向均值集中的趋势;其次,35 个国家生态

环境风险值的中位数为 6.9650,标准差较低仅为 3.8105,意味着这组数据趋向于靠近均值,分布较为集中。最后,35 个国家生态环境风险值的偏度系数为 0.3048,大于零,出现右偏态,即正态分布呈现右拖尾现象,表明整体风险值是偏高的;一般来说,正态分布峰度系数接近于 3 表明观测值较为集中和有效,本研究中 35 国的生态环境风险值峰度系数为 2.665,验证了数据的集中有效性。

2017 年丝绸之路经济带沿线 35 个样本国家生态风险值的分布形态如图 3 所示。

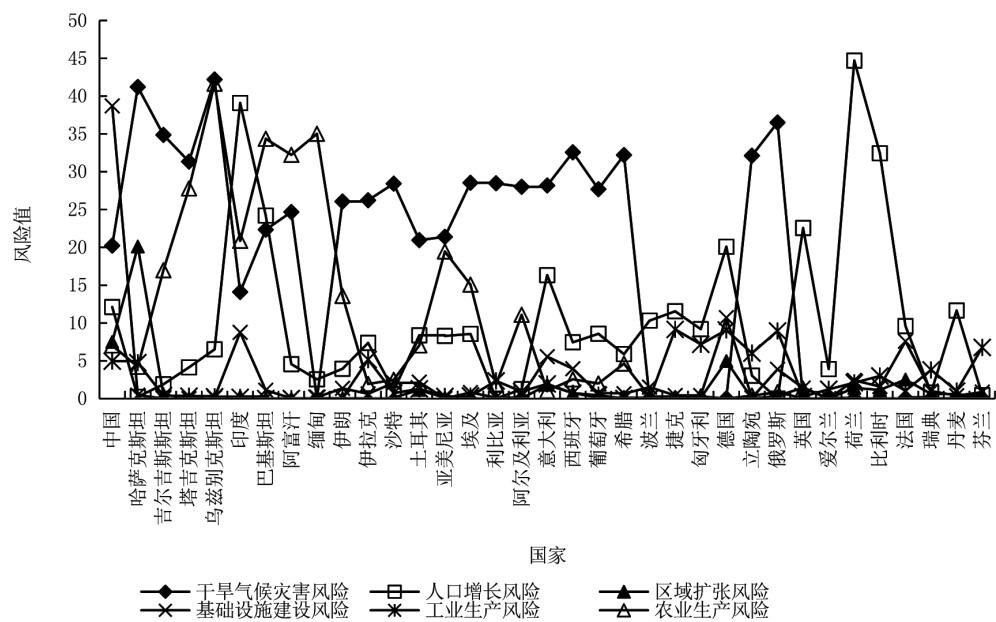


图2 六类风险源作用下的生态环境风险评估值对比

表6 2017年丝绸之路经济带沿线35国生态环境

风险值的描述性统计			
Mean 均值	7.2454	Median 中位数	6.9650
Maximum 最大值	15.1590	Minimum 最小值	0.8820
Std. Dev. 标准差	3.8105	Skewness 偏度系数	0.3048
Kurtosis 峰度系数	2.6658	Observations 观测样本	35

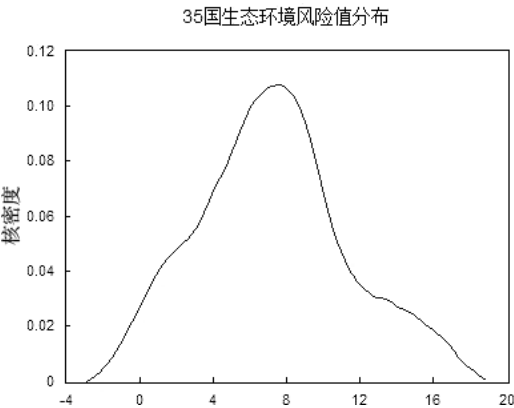


图3 丝绸之路经济带沿线35个样本国家生态环境风险值的分布形态

基于上述对丝绸之路经济带沿线35个样本国家的生态风险评估值的数据特征分析,以沿线35个国家生态环境风险值的均值为中心,进一步以四分位数间距,运用自然裂点分级法将生态环境风险评估值划分为四个区段,分别为高风险区[15.159,9.134]、较高风险区[8.905,7.262]、中风险区[6.965,5.480]和较低风险区[4.298,0.882],见图4,具体分区结果见表7。

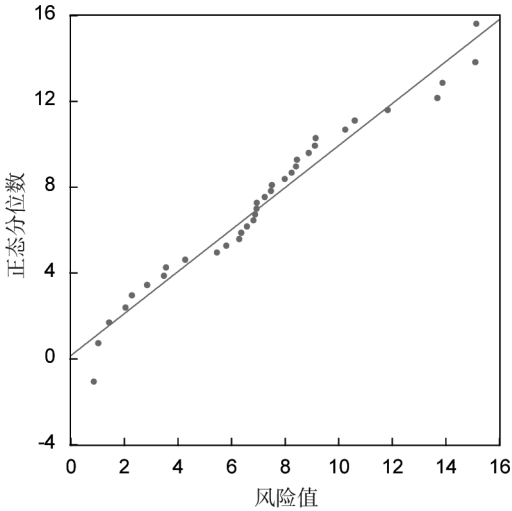


图4 丝绸之路经济带沿线35个国家生态环境风险值四分位点确定

表7 丝绸之路经济带生态环境风险区划分

分区	国家
高风险区	乌兹别克斯坦、中国、印度、巴基斯坦、哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、意大利、吉尔吉斯斯坦
较高风险区	埃及、荷兰、俄罗斯、亚美尼亚、西班牙、伊朗、德国、希腊
中风险区	立陶宛、阿尔及利亚、伊拉克、土耳其、葡萄牙、比利时、缅甸、沙特、利比亚
低风险区	英国、捷克、法国、匈牙利、丹麦、波兰、芬兰、瑞典、爱尔兰

根据丝绸之路经济带沿线35个主要国家生态环境风险区划分。结果发现:①高生态环境风险区,主要分布于中亚和南亚大部分地区,自然资源本底较差是中亚和南亚地区生态环境的短

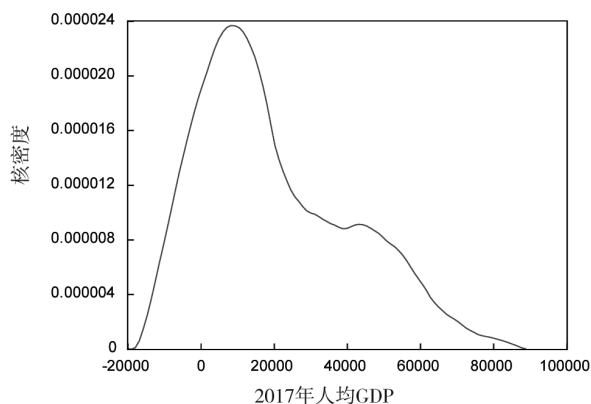
板,加之塔吉克斯坦、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦以及巴基斯坦、阿富汗和印度等国经济发展水平较低,制约了对生态环境的保护。②较高生态环境风险区,主要分布于西亚、北非大部分地区和欧洲南部地区,其中西亚和北非地区气候干旱少雨、大气自净能力较差是导致亚美尼亚、伊朗和埃及等国家环境污染严重的主要原因,而德国、西班牙这些老牌工业强国一直以来“先污染、后治理”的发展路径成为其仍未摆脱高环境污染风险的桎梏。伊朗和埃及的主要经济支柱是矿业等初级产业,环境污染问题更为严峻。俄罗斯仍处于工业化进程的加速期,在“先污染、后治理”发展过程中,遗留了诸多生态环境问题。希腊和荷兰两国虽然环境状况良好,但地形地貌和气候条件决定了其自然资源较为匮乏,生产中初级产品主要来源于进口。③中生态环境风险区,分布于北非、西亚和南亚的少数地区以及部分欧洲地区,这些区域的生态环境风险主要由于自然资源相对匮乏、极端的气候类型以及较高的经济发展水平引起的环境污染问题等导致。其中,北非的利比亚和阿尔及利亚的支柱产业是农业,污染程度较低。西亚的沙特、土耳其和伊拉克自然资源相对匮乏,但是这些国家拥有丰富的能源和矿产资源,还是全世界的石油基地,在丝绸之路经济带建设初期能源和矿产合作以运输和开采为主,环境污染效应仍未扩大。南亚的缅甸受印度洋西南季风影响,表现为干旱与洪涝的极端气候,加之人口密度较高,存在一定程度的生态环境风险隐患。此外,比利时和立陶宛领土面积很小,自然资源较为匮乏,然而经济发展水平较高,农业和制造业处于世界领先地位,这导致两国具有资源消耗和环境污染风险隐患。④低生态环境风险区,主要分布于欧洲国家,整体气候条件优越,生态自然风险相对较低,并且环保措施和环保制度较为完善,生态环境水平整体较高。其中,爱尔兰有“翡翠岛国”和“欧洲农村”之称,自然资源优越,经济高度发达,近

年来大力发展现代农牧业和生物工程等高科技产业,生态环境状况整体得以有效改善。而匈牙利、波兰、瑞典和芬兰的生态建设和环境保护机制完善,尤其是瑞典,法律体系完备,行政管理协调高效,环保教育普及,环境产业发达,是世界各国借鉴的典范。

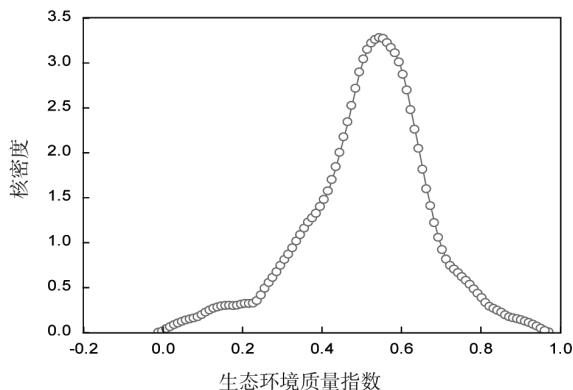
五、丝绸之路经济带生态环境发展趋势预判

丝绸之路经济带在经济增长过程中不断强化环境保护,追求经济增长与环境保护相协调,体现出生态现代化取向。生态现代化理论强调协调经济与环境的关系,实现经济增长与环境保护双赢的“生态现代化”取向^[20]。但丝绸之路经济带沿线多数为发展中国家和新兴经济体,处于工业化的初始或中期阶段,技术条件不足、经济发展不充分和不均衡,在生态现代化进程中具有自身特点及风险。由此,丝绸之路经济带沿线国家需结合自身生态环境现状,基于相互合作与联系反思发展中存在的问题,并立足于生态现代化理论实现经济与生态的可持续性发展,在发展中应更加注重通过工业化、技术进步实现与生态环境可持续的兼容。

分布动态法(Model of Explicit Distribution Dynamics, MEDD)是研究区域经济差异的一种重要的非参数方法,主要包括核密度估计、马尔科夫链分析和随机核估计。其中,核密度估计(kernel density estimation)不利用有关数据分布的先验知识,对数据分布不附加任何假定,是一种从数据样本本身出发研究数据分布特征的方法,相较于马尔科夫链和随机核估计,核密度估计计算简单、结果直观,应用较广泛。在研究中通过世界银行数据库获得 2017 年丝绸之路经济带沿线 35 个样本国家的人均 GDP,对人均 GDP 和生态环境质量指数运用核密度估计法,选用随机变量服从正态分布的高斯核密度函数进行分析,见图 5。由此,以丝绸之路经济带沿线国家经济增长与生态环境质量协调的动态演进趋势,作为丝绸之路经济带生态环境发展趋势预判的依据。



(a) 人均 GDP 高斯核密度曲线



(b) 生态环境质量指数高斯核密度曲线

图5 2017年丝绸之路经济带沿线国家经济增长与生态环境质量分布的高斯核密度曲线

从丝绸之路经济带沿线国家经济增长与生态环境质量演进趋势的核密度曲线分布形态来看,丝绸之路经济带沿线国家的经济增长水平的核密度曲线呈现双峰的分布形态,这说明沿线国家经济发展水平存在梯度效应,具有两极化特征。伴随核密度曲线波峰高度的降低,具有从双峰向单峰演进的趋势,意味着沿线国家经济发展水平有从两极化发展模式向均衡化方向发展的趋势。核密度曲线右拖尾现象显著,说明沿线国家经济发展水平的差距仍然较大。然而,丝绸之路经济带生态环境质量指数动态分布的核密度曲线呈单峰形态,说明沿线国家生态环境质量水平差异较小,核密度曲线左拖尾现象较为明显,说明沿线国家生态环境水平整体偏低且差距在不断扩大。总体上,丝绸之路经济带沿线国家经济增长的不均衡与生态环境水平普遍偏低是制约丝绸之路经济带经济与生态协调的突出问题,沿线国家实现生态现代化的目标任重而道远。

六、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

本文在现实考察丝绸之路经济带生态环境的基础上,全面评价沿线国家的生态环境质量,并进一步评估其生态环境风险,以前瞻性视角对丝绸之路经济带生态环境的发展趋势进行预判。

第一,对丝绸之路经济带沿线国家风险源的识别与生态环境风险进行评估,丝绸之路经济带生态环境主要存在气候灾害、人口增长、区域扩张、基础设施建设、工业生产和农业生产6类风险

源;以水体为环境受体,干旱气候灾害和人口增长这两类自然风险是目前丝绸之路经济带沿线国家的主要生态环境风险源。

第二,沿线区域中,高生态环境风险区主要分布于中亚和南亚大部分地区,而低生态环境风险区主要分布于欧洲国家。其中,自然资源本底较差是中亚和南亚等高生态环境风险区生态环境困境中的短板;气候干旱少雨、大气自净能力较差是导致西亚和北非大部分地区 and 欧洲少部分地区等高生态环境风险区生态环境问题严峻的主要原因;自然资源相对匮乏、极端的气候类型以及较高的经济发展水平是引发北非、西亚和南亚的少数地区以及部分欧洲地区等中生态环境风险区环境污染问题的诱因;而低生态环境风险区的欧洲国家,整体气候条件优渥,并且环保措施和环保制度较为完善,生态环境水平整体较高。

第三,进一步以丝绸之路经济带沿线国家经济增长与生态环境质量协调的动态演进趋势作为丝绸之路经济带生态环境发展趋势预判的依据,对丝绸之路经济带沿线35个样本国家2017年的人均GDP和生态环境质量综合指数进行高斯核密度分析,结果表明丝绸之路经济带沿线国家的经济增长水平整体偏低,生态环境质量有待提升,生态环境与经济增长仍处于不协调状态,丝绸之路经济带沿线国家实现生态现代化的目标任重而道远。

(二) 政策建议

首先,建立环保制度框架,规范沿线国家环保行为。考虑沿线国家间天然形成的地理联系,以

区域的地质地貌和生态自然条件为基础,划定生态环境保护区,保护生态脆弱地区,整治跨境工业污染问题。

其次,健全环保监管机制,强化生态风险化解工具。重点围绕政府、企业环境责任与公众参与,跨境河流、植被森林与草原生态系统保护,跨境污染补偿机制、奖惩机制等不同层面制定丝绸之路经济带生态环境保护制度公约。

最后,寻求生态环保合作,构建生态风险责任共同体。充分利用现有沿线国家间的多双边合作机制,深化生态文明和绿色发展理念、法律法规、政策、标准、技术等领域的对话和交流,推动实施双边、多边、次区域和区域生态环保战略与行动计划,推进生态环保智库合作。

参考文献:

- [1] 於方,曹国志,齐霖,等. 生态环境风险管理与损害赔偿制度现状与展望[J]. 中国环境管理,2021(5):143-150.
- [2] GURUG K S, GOSWAMI P, TANOUE R, et al. First nationwide investigation and environmental risk assessment of 72 pharmaceuticals and personal care products from Sri Lankan surface waterways[J]. Science of the total environment, 2019(690):683-695.
- [3] LIU Q Q, WANG S J, ZHANG W Z, et al. Does foreign direct investment affect environmental pollution in China's cities? a spatial econometric perspective[J]. Science of the total environment, 2018(613):521-529.
- [4] WANG X Y, ZHANG C T, ZHANG Z J. Pollution haven or porter? the impact of environmental regulation on location choices of pollution-intensive firms in China[J]. Journal of environmental management, 2019(248):109-248.
- [5] ZHANG Y, DUAN L, WANG B, et al. Wastewater-based epidemiology in Beijing, China: prevalence of antibiotic use in flu season and association of pharmaceuticals and personal care products with socioeconomic characteristics[J]. Environment international, 2019(125):152-160.
- [6] 王金南,曹国志,曹东,等. 国家环境风险防控与管理框架构建[J]. 中国环境科学,2013,33(1):186-191.
- [7] 龙涛,邓绍坡,吴运金,等. 生态风险评价框架进展研究[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(6):822-830.
- [8] LANE M, DAWES L, GRACE P. The essential parameters of a resource-based carrying capacity assessment model: an Australian case study[J]. Ecological modeling, 2014(272):220-231.
- [9] BAKHSH K, ROSE S, ALI M F, et al. Economic growth, CO₂ emissions, renewable waste and FDI relation in Pakistan: new evidences from 3SLS[J]. Journal of environmental management, 2017(196):627-632.
- [10] HU J F, WANG Z, LIAN Y H, et al. Environmental regulation, foreign direct investment and green technological progress—evidence from Chinese manufacturing industries[J]. International journal of environmental research and public health, 2018(15):1-14.
- [11] CAO G Z, GAO Y, WANG J N, et al. Spatially resolved risk assessment of environmental incidents in China[J]. Journal of cleaner production, 2019(219):856-864.
- [12] SZYMCHYCHA B, BORECKA M, BIALK B A, et al. Submarine groundwater discharge as a source of pharmaceutical and caffeine residues in coastal ecosystem: bay of puck, southern baltic sea case study[J]. Science of the total environment, 2020(713):1-13.
- [13] HU Y, YAN X, SHEN Y, et al. Antibiotics in surface water and sediments from hanjiang river, central China: occurrence, behavior and risk assessment[J]. Ecotoxicology and environmental safety, 2018(157):150-158.
- [14] CHEN H Y, JING L J, TENG Y G, et al. Characterization of antibiotics in a large-scale river system of China: occurrence pattern, spatiotemporal distribution and environmental risks[J]. Science of the total environment, 2018(618):409-418.
- [15] 张思锋,刘晗梦. 生态风险评价方法述评[J]. 生态学报,2010,30(10):1-10.
- [16] 魏科技,宋永会,彭剑峰,等. 环境风险源及其分类方法研究[J]. 安全与环境学报,2010,10(1):85-89.
- [17] 柴麒麟,傅莎,祁悦,等. 特朗普“去气候化”政策对全球气候治理的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2017(27):1-8.
- [18] 付在毅,许学工. 区域生态风险评价[J]. 地球科学进展,2001,16(2):267-271.
- [19] 薛伟贤,董艳丽,刘巧云. 陕西省沿丝绸之路经济带出口竞争力分析[J]. 西安理工大学学报,2017,33(1):113-118.
- [20] 洪大用. 经济增长、环境保护与生态现代化——以环境社会学为视角[J]. 中国社会科学,2012(9):82-99.

(本文责编:王延芳)