

文章编号:2095-0365(2020)04-0014-07

京津冀生态安全格局城际差异分析

隋修志¹, 闫志刚¹, 康东伟², 申国珍³, 张玉波²

(1. 石家庄铁路职业技术学院, 河北 石家庄 050061; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100083;
3. 中国科学院 植物研究所, 北京 100093)

摘要:针对京津冀区域生态安全问题,以京津冀城市群为研究对象,依据环境承载力理论,围绕生态环境压力、经济社会发展水平、生态环境承载力3个维度,通过构建区域生态安全定量分析模型与障碍因子诊断模型,对区域生态安全空间分布格局及主要制约要素进行了研究。研究表明,京津冀区域生态安全总体呈现三级分布态势,城际差异明显且稳定,没有出现严重的两极分化现象,也没有出现显著的同化现象,区域生态安全提升潜力较大;河北省西北部与东南部生态安全态势构成鲜明对比,形成了发展与保护的博弈;京津冀区域生态安全问题本质上是我国当前社会主要矛盾在京津冀地区的体现;充分发挥京津冀协同发展的政策红利,破解经济社会发展与生态环境保护之间的深层次矛盾,是构建京津冀区域生态安全格局的根本所在。

关键词:京津冀区域;生态安全格局;城际差异;障碍因子

中图分类号:X171.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxxbskb.2020.04.03

一、引言

在地理条件、区域气候、城市化等因素作用下,京津冀区域环境问题已由城市层面演变为区域性难题。由于缺乏有效的协同联动机制,区域经济发展与生态保护的深层次矛盾有待破解^[1-2]。围绕京津冀区域城市化与生态环境相互关系,梁龙武等采用系统指数评估模型与耦合协调度模型研究了两者相互作用与协同发展格局^[2],别同等针对城市化人口迁移的空气污染问题进行了评估研究^[3],邓越等对城市化进程引发的区域生境质量时空变化格局进行了研究^[4],吕金霞等针对湿地景观时空变化及其驱动力进行了研究^[5];同时,一部分学者针对京津冀区域发展潜力与生态环境相互关系进行了探讨,何音等围绕经济增长与环境资源时空演变关系进行了分析^[6],郭轲等对京

冀地区资源环境承载力以及影响因素等进行了研究^[7],张达等评估了资源环境限制性要素及地区可持续发展能力^[8],汪东川等基于土地利用探讨了区域生态系统服务价值的空间异质性^[9]。总体而言,国内研究主要集中于区域生态环境宏观演化问题,或针对空气、水资源等单一要素展开,基于协同发展视角下对区域生态安全与城际差异化相关研究较少。

京津冀区域存在着突出的经济社会发展不均衡性和显著的自然生态地区差异性,城市间生态环境风险及主要制约因素呈现出复杂性与多样化。对区域生态安全城际差异性的研究,对于制定精细化环境政策、实施精准化个性保护具有现实意义,构成了京津冀生态文明协同发展的重要内容。以环境承载力理论为基础,通过构建区域生态安全定量分析模型与障碍因

收稿日期:2019-07-25

基金项目:河北省教育厅重点项目“基于可拓学京津冀区域城市生态规划技术研究”(ZD2019120);河北省教育厅青年基金项目“京津冀道路系统的区域生态效应研究”(QN2018102)

作者简介:隋修志(1964-),男,教授,研究方向:土木建筑施工及管理研究。

通讯作者:闫志刚(1980-),男,副教授,研究方向:区域生态学研究。

本文信息:隋修志,闫志刚,康东伟,等.京津冀生态安全格局城际差异分析[J].石家庄铁道大学学报:社会科学版,2020,14(4):14-20.

子诊断模型,分析京津冀区域生态环境风险状况,识别生态环境风险主要制约因子,为构建科学合理的区域生态安全保护格局提供支持。

二、研究方法数据来源

(一)研究方法

1. 熵权法

熵权法是一种基于信息熵理论的客观赋权法。信息的基本作用是消除人们关于事物的不确定性,熵是系统无序程度的度量,信息熵是对信息有效性的度量。指标数据的有序程度越高,指标的信息熵越小,效用值则越高,进而赋予较高权重^[10]。计算步骤如下:

①系统指标数据标准化处理,并构造 $m \times n$ 的矩阵 $x_{i \times j} (0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n)$;

②求解各系统指标熵值 e_j 与效用值 d_j

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} \quad (1)$$

③确定权重 w_j

$$d_j = 1 - e_j \quad (2)$$

$$w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (3)$$

④对于多层次指标体系,基于熵的可加性,可以对下层指标效用值 d_j 求和,得到上层指标的效用值 D_k ,进而得到相应上层指标权重 W_k ^[11]

$$W_k = D_k / \sum_{k=1}^s D_k \quad (4)$$

2. 突变级数法

突变级数法是基于突变理论进行系统发展状态分析的数学方法。突变理论是研究系统“量变”与“质变”演化的数学理论,研究对象是系统的势函数 $f=f(x,u)$ 。势函数是由反映系统行为状态的状态变量 $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 和影响系统行为状态的控制变量 $u=(u_1, u_2, \dots, u_n)$ 组成。联合方程 $Df(x)=0$ 和 $\Delta H(f)=\det H(f)=0$,求得系统分歧点集方程,当控制变量 u 满足分歧点集方程时,系统状态发生转换^[11],相关公式见表 1。

表 1 突变模型相关公式

突变类型	势函数	状态变量	控制变量	归一公式
折叠突变	$f(x,u)=x^3+u_1x$	x	u_1	$X_{u1}=u^{1/2}$
尖点突变	$f(x,u)=\frac{1}{4}x^4+\frac{1}{2}u_1x^2+u_2x$	x	u_1, u_2	$X_{u1}=u^{1/2}, X_{u2}=u^{1/3}$
燕尾突变	$f(x,u)=\frac{1}{5}x^5+\frac{1}{3}u_1x^3+\frac{1}{2}u_2x^2+u_3x$	x	u_1, u_2, u_3	$X_{u1}=u^{1/2}, X_{u2}=u^{1/3}, X_{u3}=u^{1/4}$
蝴蝶突变	$f(x,u)=\frac{1}{6}x^6+\frac{1}{4}u_1x^4+\frac{1}{3}u_2x^3+\frac{1}{2}u_3x^2+u_4x$	x	u_1, u_2, u_3, u_4	$X_{u1}=u^{1/2}, X_{u2}=u^{1/3}, X_{u3}=u^{1/4}, X_{u4}=u^{1/5}$

突变级数法的应用步骤如下:

①构建具有层次结构的指标体系,并根据重要性进行指标排序。

由于控制变量不超过 4 个,所以由上层指标分解到下层子指标的数量也不超过 4 个。指标过多时,需进行降维处理。突变级数法没有提供指标排序方法,本文依据指标权重 w_j 排序。

②根据子指标(即控制变量)数量确定突变类型,如某指标分解的子指标数为 3,则为燕尾突变。

③原始数据标准化处理,并利用归一公式逐级向上求解,完成系统状态分析。

归一公式作用在于把控制变量统一转化为状态变量表示的质态,多个控制变量会相应得到多个状态变量值,需根据子指标之间的相互关系确定状态变量最终取值,若子指标间存在相互关联作用,则取最小值,即 $x = \min(x_{ui})$,否则取平均

值,即 $x = \bar{x}_{ui}$ 。

3. 障碍因子诊断模型

引入障碍因子诊断模型以识别影响区域生态安全主要因子^[12],公式如下:

$$M_j = \frac{P_j \times R_j}{\sum_{j=1}^n P_j \times R_j} \quad (5)$$

式中, M_j 为第 j 项指标障碍度; P_j 为第 j 项指标对于指标体系的贡献率,可用该指标的权重表示,即 $P_j = w_j$; R_j 为第 j 项指标对于生态安全目标的偏离度,取 $R_j = 1 - w_j$ 。根据障碍度 M_j 大小排序即可确定障碍因子主次关系。

(二)生态安全指标体系

环境问题主要受环境风险源、环境承载力、防控机制等多因素影响,环境问题的爆发往往也是多因素相互作用的结果^[13-14]。环境风险源主要

反映自然因素、人为因素以及经济社会发展水平对生态环境的影响,一般以污染源释放的形式直接对环境造成损害;环境承载力主要反映自然环境系统的敏感程度以及恢复能力,防控机制主要反映人类社会预防环境风险形成与恢复环境健康的能力。京津冀环境问题已由城市演变为区域性难题,对京津冀生态安全的研究需立足于区域整

体生态环境,而不应局限于单一城市^[15]。以京津冀城市群——北京、天津、石家庄、保定、唐山、秦皇岛、邯郸、张家口、承德、沧州、廊坊、邢台、衡水等 13 座城市为研究对象,借鉴了刘海滨、田佩芳等人的研究成果^[16-17],从生态环境压力、经济社会发展水平、生态环境承载力 3 个维度构建了区域生态安全指标体系,如表 2 所示。

表 2 京津冀区域生态安全指标体系

总体指标	一级指标	二级指标	三级指标	单位	指标性质
京津冀区域生态安全指标体系	生态环境压力	工业排放	工业废气排放量	万 t	负向指标
			工业废水排放量	万 t	负向指标
			工业固废产生量	万 t	负向指标
		生活排放	机动车保有量	万辆	负向指标
			市区环境噪声等效声级	dB	负向指标
			人均 GDP	万元/人	正向指标
	经济社会发展水平	社会经济指标	城市维护建设投入资金比例	%	正向指标
			城镇医疗卫生机构床位	张/千人	正向指标
			人口密度	人/km ²	负向指标
		人口结构	高中以下学历人数	人/十万人	负向指标
			老人、儿童比重	%	负向指标
	生态环境承载力	环境监测能力	空气质量监测站点密度	个/km ²	正向指标
			地表水水质监测站点密度	个/km ²	正向指标
		生态恢复能力	自然保护区覆盖率	%	正向指标
			人均绿地面积	千公顷/人	正向指标
		污染物处理能力	城市污水处理率	%	正向指标
			一般工业固废综合利用率	%	正向指标
			危险固废综合利用率	%	正向指标

(三) 研究区域与数据处理

1. 研究区域与数据来源

京津冀地区位于东经 113°11'~119°45'、北纬 36°05'~42°37',地形呈西北高东南低;属温带大陆性季风气候,四季分明;区域生态资源丰富,河北省是我国唯一兼有高原、山地、丘陵、平原、湖泊和海滨的省份。京津冀地区国土面积为 21.8 万 km²,人口总数 1.1 亿,2018 年京津冀 GDP 总量为 8.5 万亿元^[18],是我国北方经济规模最大的地区,也是国内大气污染最为严重的区域之一。京津冀城市群三级指标数据均为 2018 年度数据,“市区环境噪声等效声级”“空气质量监测站点密度”“地表水水质监测站点密度”指标数据来源于京津冀三地生态环境监测中心网站,其他指标数据来源于《中国统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》《河北经济年鉴》^[19-22]。

2. 数据处理

根据指标特性将其分为正向指标、负向指标

和固定型指标。正向指标即数值越大越有利的指标,负向指标则相反,固定型指标指的是数值与某一理想值 x^* 越接近越有利的指标类型,标准化公式如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{正向指标: } X_{(i,j)} = \frac{x_{(i,j)} - \min(x_{(j)})}{\max(x_{(j)}) - \min(x_{(j)})} \\ \text{负向指标: } X_{(i,j)} = \frac{\max(x_{(j)}) - x_{(i,j)}}{\max(x_{(j)}) - \min(x_{(j)})} \\ \text{固定型指标: } X_{(i,j)} = 1 - \frac{|x_{(i,j)} - x^*|}{\max|x_{(j)} - x^*|} \end{array} \right. \quad (6)$$

数据标准化后,采用熵权法计算各层级指标权重,依据权重大小进行指标排序;应用突变级数法归一公式逐级向上求解,完成系统分析;依据障碍因子诊断模型,识别影响区域生态安全的主要障碍因子。

三、京津冀区域生态安全分析

(一) 京津冀区域生态安全城际差异分析

根据承载力理论,区域生态安全主要受三个方面影响,即:①资源供给,包括水、土地、生物量、能源供给量等;②经济社会发展水平,包括经济实力、污染治理投资、公用设施水平、人口密

度等;③生态环境容纳能力,包括排污量、绿化状况、净化能力等^[23]。生态安全是这些要素综合作用的结果。京津冀城市群生态安全量值及排序见表3。

表3 京津冀城市群生态安全量值及排序

排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
城市	北京	天津	秦皇岛	廊坊	石家庄	承德	邯郸	沧州	衡水	唐山	张家口	邢台	保定
数值	0.970	0.962	0.959	0.954	0.952	0.939	0.937	0.930	0.925	0.924	0.918	0.914	0.909

从表3可以看出,京津两地的生态安全在该区域处于领先地位,河北城市生态安全均低于京津两地;河北省城市群中,秦皇岛、廊坊、石家庄三地居于前列,量值均高于0.950。从经济社会发展来看,京津在区域城市群中具有显著的强势地位,两地在产业优势、金融资源、人才梯队等方面具有很强的洼地效应;京津冀由于产业联系不够紧密,区域相互依托、相互协同的产业链条尚未建立,对于河北省而言,京津冀协同发展的红利没有完全释放,在一定程度上制约着河北省的快速发展;近年来随着天津落户新政的推出,人才虹吸效应加强,强化了区域人才的竞争力度;石家庄作为省会城市,构成南部地区资源洼地,廊坊由于濒临京津,受益于两地的溢出效应。从生态环境与区位优势来看,历史上张、承、保等地素有京畿重地之称,长期被列为军事禁区,社会经济发展受到制约,兼负有保护首都水源和涵养生态的特殊使命,产业发展受到限制,生态环境脆弱且承担着沉重的生态保护义务,由于缺乏合理的生态补偿机制,导致了生态抑制型贫困发生,同时,由于南北核心城市的虹吸效应,资源与人才匮乏,加大了地区生态风险^[24-27]。

(二)京津冀区域生态安全空间格局分析

从安全量值地域排序趋势线分析来看,13座城市生态安全量值呈现线性分布态势,没有出现严重的两极分化现象,也没有出现显著的同化现象。这一结果表明,京津冀区域当前实施的经济

发展与环境保护等相关政策具有一定的科学性和有效性,保障了经济社会的平稳发展与生态环境的整体提升;同时表明了区域生态安全具有提升潜力,应充分考虑不同地区在经济社会发展水平、生态环境资源等方面的差异,强化政策在制定与实施环节的针对性、个性化与精准性,以取得更好的效果。

从发展现状分析,除北京以外,其他城市在推动经济高质量发展转型、实施可持续发展战略方面任重道远。近年来,北京形成了以信息技术、科技创新等第三产业为主的经济格局,产业转型升级成功;天津作为我国北方最大的工业中心,由于重化工业的发展路径依赖,长期累积的深层次问题逐渐显现,亟需培养发展新动能,实现创新型城市转型^[28];河北省产业结构以钢铁、石油、化工等高耗能产业为主,对环境影响较大,省内东南部经济较发达地区以高耗能产业支撑,经济实力与应对环境问题的能力较强,但受地理及气候条件影响,易引发污染物聚集,西北地区集中分布着主要的生态脆弱区^[29],生态保护任务艰巨,但经济落后,应对环境问题能力较弱,整体生态安全不容乐观。

(三)京津冀区域生态安全障碍因子诊断

生态环境压力、经济社会发展水平、生态环境承载力各项指标障碍度计算结果如表4、表5、表6所示。

表4 生态环境压力指标体系障碍度及排序

排序	1	2	3	4	5
指标	工业固废产生量	机动车保有量	工业废气排放量	工业废水排放量	市区环境噪声等效声级
障碍度	0.354	0.231	0.210	0.194	0.011

表5 经济社会发展水平指标体系障碍度及排序

排序	1	2	3	4	5	6
指标	城市维护建设投入资金比例	人口密度	人均GDP	老人、儿童比重	高中以下学历人数	城镇医疗卫生机构床位
障碍度	0.347	0.275	0.237	0.090	0.030	0.020

表6 生态环境承载力指标体系障碍度及排序

排序	1	2	3	4	5	6	7
指标	地表水环境监测能力	人均绿地面积	空气环境监测能力	自然保护区覆盖率	危险固废综合利用率	一般工业固废综合利用率	污水集中处理率
障碍度	0.312	0.218	0.181	0.172	0.074	0.022	0.021

工业固废以及机动车保有量构成主要障碍因子,需注重加强工业固废综合利用和机动车规范管理。应充分结合产业结构,依托河北省承德市工业资源综合利用示范基地宝贵经验,促进工业资源高值化、规模化应用,提高了资源的利用效率,形成经济效益、社会效益和环境效益的统一;同时,2019年京津冀机动车保有量近3000万辆^[30],在加强机动车管理的同时,构建高效城市交通网络、提倡低碳出行对于大气污染治理尤为重要。

经济社会发展水平指标中,制约区域生态安全的主要障碍因子为资金投入与人口压力。经济社会的发展引起机动车保有量、能源需求量的快速提升,区域生态环境压力变大,进而又引发加大环境管理与治理资金投入的客观要求。京津冀区域经济发展与生态环境之间的深层次矛盾,本质上是我国当前社会主要矛盾的一种体现,即京津冀地区人民日益增长的美好生活需要和地区发展不平衡不充分之间的矛盾,因此,平衡好经济发展与生态保护之间的关系至关重要。

从生态环境承载力指标障碍度计算值来看,由于实施了高度严格的环保政策,污染物治理相关3项指标处于最后,主要障碍因子体现为生态环境的监测能力以及对生态资源建设与保护。严格的环保政策在短期内明显缓解了区域生态环境问题;未来应进一步提升生态环境监测、保护、恢复等综合管理能力,实现区域生态环境质量综合提升。

四、京津冀区域生态安全格局构建对策

京津冀区域生态安全城际差异主要受历史原因、区位优势、产业结构、发展模式等因素影响,表现为经济社会发展与生态环境保护之间的深层次

矛盾,本质上是我国当前社会主要矛盾在京津冀地区的体现。立足于京津冀协同发展战略,因地制宜促进产业结构优化升级,探索构建京津冀生态补偿机制,实现地区均衡充分发展,是解决区域生态环境难题、构建区域生态安全格局的重要路径。

(一)统筹整合区域生态资源,强化生态环境区域整体监测与管理,探索建立京津冀区域生态补偿机制,有效解决经济社会发展与生态供给不平衡的矛盾

生态环境保护是京津冀协同发展与区域生态文明建设的重要内容,同时,京津冀生态环境难题也只有立足于区域整体才能得到根本性解决。基于京津冀协同发展战略,实施统一的区域标准,实现生态信息共享,探索构建区域生态环境统一监测与管理平台,积极落实区域生态补偿机制,强化生态环境保护的系统性建设,将有助于改善京津冀协同环保政策实施效果,提升应对区域系统性、结构性环境风险的能力。科学分析不同地区的生态安全短板,确定区域生态保护目标,统筹规划大气、水、土壤等相关要素的区域一体化保护总格局,建立健全区域统一的生态环境保护标准,细化区域内生态环境保护工作保障制度,科学制定区域内统一的大气污染、水污染、土壤污染治理等相关政策,探索构建区域内生态资源与生态环境统一管理工作机制。同时,建立生态环境补偿长效机制,以互相合作、资源共享为原则,健全区域生态环境保护工作公平公正制度,促进区域可持续性发展。对京津冀三地生态环境保护实施资金、人才、技术多元化补偿,加强受偿地区人才资源建设,提升其科技实力与技术水准,形成发展潜力,提升生产力水平,避免因经济发展需求等形成生

生态环境的二次破坏风险,全面提高生态环境保护工作效果。

(二)因地制宜促进京津冀区域整体产业升级,破解区域生态环境难题,构建区域生态安全格局

京津冀生态环境区域性难题形成的根本原因在于区域产业结构不合理、发展落差大,没有形成平滑过渡的梯度发展格局。同时,京津冀在资源、技术、人才等方面虽然具有一定优势,但与长三角、珠三角区域相比,生产要素流通性方面明显滞后。因此,破解京津冀区域生态环境难题,实现生态安全提升,根本上在于破除经济发展与生态环境之间的深层次矛盾,解决区域内城市群均衡充分发展问题。京津冀协同发展意味着在区域城市群中实现资源共享,并在产业发展方面起到了相互支持与补充的作用。因此,基于“协同发展”和“资源共享”的前提,围绕《京津冀协同发展规划纲要》,强化顶层设计,统一落实发展定位,统筹构建发展路径。在实现京津两地稳健发展的同时,河北省一方面应充分发挥载体供给及资源储备优势,在积极承接京津产业、资金、技术转移过程中,加快自身新旧动能转换,实现产业结构优化提升,另一方面基于区域地理地形布局,科学构建河北省城市群发展布局,形成特色产业。东南部城市发展重点主要是产业结构优化升级、提高能源利用率等,西北部城市作为京津冀生态屏障、水涵养地,应重点健全医疗卫生和环境保护产业体系、大力发展

清洁能源基地,构建高新技术和高质量人居环境扩散地,助力破解区域要素流通活力不足的问题。

五、结论

(一)京津冀区域在生态安全水平上总体表现为“京—津—冀”三级分布态势,与京津冀三地经济社会发展三级落差相重合

由于缺乏合理的生态补偿机制与经济发展模式导致了生态抑制型贫困,形成了地理上与环京津贫困带相重合的生态环境高风险地区。受制于产业结构与经济发展水平,河北省形成了西北部生态保护任务艰巨与生态保护能力薄弱、东南部产业经济发达与污染物扩散条件差的生态安全的“悖论”,整体生态安全局势不容乐观。

(二)京津冀区域生态安全问题是我国当前社会主要矛盾在京津冀地区的体现

京津冀区域生态安全问题表现为京津冀地区人民日益增长的美好生活需要和区域不平衡不充分的发展之间的矛盾,同时,京津冀区域生态安全提升潜力较大,京津冀协同发展的政策红利没有完全释放。围绕《京津冀协同发展规划纲要》,河北省应明确整体定位与城市群个体定位,充分发挥自身资源优势,在承接产业转移与成果转化、促进区域要素流通等方面实现突破,进而破解经济社会发展与生态环境保护之间的深层次矛盾,构建京津冀区域生态安全格局。

参考文献:

- [1]陈利顶,周伟奇,韩立建,等.京津冀城市群地区生态安全格局构建与保障对策[J].生态学报,2016,36(22):7125-7129.
- [2]梁龙武,王振波,方创琳,等.京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局[J].生态学报,2019,39(4):1212-1225.
- [3]别同,韩立建,田淑芳,等.城市化对空气污染人群暴露贡献的定量方法研究[J].生态学报,2018,38(13):4570-4583.
- [4]邓越,蒋卫国,王文杰,等.城市扩张导致京津冀区域生境质量下降[J].生态学报,2018,38(12):4516-4525.
- [5]吕金鑫,蒋卫国,王文杰,等.近30年来京津冀地区湿地景观变化及其驱动因素[J].生态学报,2018,38(12):4492-4503.
- [6]何音,蔡满堂.京津冀地区经济增长与资源环境的脱钩关系[J].北京理工大学学报:社会科学版,2016,18(5):33-41.
- [7]郭轲,王立群.京津冀地区资源环境承载力动态变化及其驱动因子[J].应用生态学报,2015,26(12):3818-3826.
- [8]张达,何春阳,郭建国,等.京津冀地区可持续发展的主要资源和环境限制性要素评价——基于景观可持续科学概念框架[J].地球科学进展,2015,30(10):1151-1161.
- [9]汪东川,孙志超,孙然好,等.京津冀城市群生态系统服务价值的时空动态演变[J].生态环境学报,2019,28(7):1285-1296.
- [10]闫志刚,李俊清.基于熵值法与变异系数的大熊猫分

- 布区生态系统评价[J]. 应用生态学报, 2017, 28(12): 4007-4016.
- [11] 闫志刚, 杜立峰, 王雪丽. 绿色施工评价指标体系与方法研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(7): 103-107.
- [12] 李春燕, 南灵. 陕西省土地生态安全动态评价及障碍因子诊断[J]. 中国土地科学, 2015, 29(4): 72-81.
- [13] 曾光明, 钟政林, 曾北危. 环境风险评价中的不确定性问题[J]. 中国环境科学, 1998, 18(3): 252-255.
- [14] 毛小苓, 刘阳生. 国内外环境风险评价研究进展[J]. 应用基础与工程科学学报, 2003, 11(3): 266-273.
- [15] 李新慧. 基于低碳消费视角的京津冀雾霾治理[J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2015, 9(4): 6-9, 16.
- [16] 刘海滨, 田佩芳, 周佳宁. 京津冀环境风险影响因素的分析研究[J]. 环境工程, 2018, 36(3): 148-152, 48.
- [17] 田佩芳. 京津冀区域环境风险分析与协同控制研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2018.
- [18] 陈雪柠. 去年京津冀 GDP 总量突破 8.5 万亿元[N]. 北京日报, 2019-04-04(02).
- [19] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [20] 北京市统计局. 北京统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [21] 天津市统计局. 天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [22] 河北省人民政府. 河北经济年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [23] 田良. 环境规划与管理教程[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2014.
- [24] 胡曾曾. 首都水源涵养区和生态环境支撑区的生态补偿量化研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2018.
- [25] 何仁伟. 如何破解环京津贫困带的发展难题[J]. 群言, 2019, 408(3): 18-20.
- [26] 把增强, 王连芳. 京津冀生态环境建设: 现状、问题与应对[J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2015, 9(12): 1-5.
- [27] 赵莉琴, 刘敬严, 訾红兵. 京津冀区域物流与城市群物流功能建设分析[J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2014(3): 13-19.
- [28] 蔡如鹏. 天津失速[J]. 中国新闻周刊, 2018, 10(854): 46-49.
- [29] 中华人民共和国环境保护部. 全国生态脆弱区保护规划纲要[Z]. 2008-09-27.
- [30] 周洁. 京津冀诞生首部区域协同立法[N]. 河北日报, 2020-01-19(02).

Intercity Differences of Ecological Security Pattern in Beijing-Tianjin-Hebei Region

Sui Xiuzhi¹, Yan Zhigang¹, Kang Dongwei², Shen Guozhen³, Zhang Yubo²

(1. Shijiazhuang Institute of Railway Technology, Shijiazhuang 050061, China;

2. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3. The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: According to the theory of environmental carrying capacity, the index system of ecological security assessment about Beijing-Tianjin-Hebei Region is constructed based on the pressure of ecological environment, the level of economic and social development and the carrying capacity of ecological environment. For the regional ecological security, the entropy method and catastrophe progression method are used to evaluate the ecological security of Beijing-Tianjin-Hebei Region. On this basis, the main obstacles to the safety of eco-environment is identified with the obstacle degree model. The results show that the regional ecological security presents a three-level distribution trend, the intercity differences are obvious and stable, there is no serious polarization phenomenon, nor significant assimilation phenomenon. Regional ecological environment security is a reflection of the main social contradictions of China in Beijing-Tianjin-Hebei Region and has great potential for improvement. With the policy of coordinated development of Beijing-Tianjin-Hebei Region to promote the balanced development among regions, the ecological security pattern can be established.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei region; ecological security pattern; intercity differences; obstacle degree model