

京津冀生态环境承载力对比研究

俞会新 李玉欣

(河北工业大学经济管理学院, 天津 300401)

〔摘要〕 本文基于P-S-R模型构建了京津冀生态环境承载力指标体系, 并选择熵值法来确定各指标的权重, 采用线性加权平均模型测算2014年京津冀三地生态环境承载力综合值和各子系统值。为具体分析京津冀之间生态环境质量差异的根源, 对压力指标、状态指标、响应指标进行了研究。结果表明: 北京市生态环境承载能力最好, 河北省最差, 天津市位于京冀之间。基于以上研究, 减轻承载压力、改善承载能力、强化治理环境有利于提高京津冀地区生态环境承载能力。

〔关键词〕 生态环境 承载力 熵值法 P-S-R模型 京津冀 节能减排

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2017.08.003

〔中图分类号〕 F205 〔文献标识码〕 A

前言

我国经济在高速发展的同时, 对生态环境的不利影响越来越显著。促进经济与环境和谐发展, 在生态环境能够承受的最大限度之内发展经济已经成为当代社会最重要的发展战略之一。目前, 京津冀地区的发展面临诸多问题, 如空气污染严重, 雾霾天气频发, 水资源短缺等, 特别是北京市的房价问题、交通问题, 河北省的环境污染、资源消耗问题。同时, 河北省与京津两地经济发展水平差异过大, 科技发展、技术创新等能力远远落后于京津两地。京津冀地区作为首都经济圈, 是全国水资源最短缺, 大气污染、水污染最严重, 资源环境与发展矛盾最为尖锐的地区。在经济快速发展的同时面临较严重的环境问题, 空气污染严重, 雾霾天气频发。如何有效地解决京津冀生态环境问题, 提高京津冀地区的生态环境承载能力, 已经成为制约京津冀地区可持续发展的首要问题。

生态环境承载力是指某个地区的生态环境最多能够承受的人类社会活动^[1]。承载力的概念最早是从生态学领域衍生出来的。Park和Burgess在1921年的人类生态学研究, 解释了承载力的含义。后来, 经济增长与环境质量、经济活动

与承载力的研究使得承载力的相关研究引起了更广泛的关注^[2]。Prato利用多指标评分检验模型和生态系统适应性管理模型指导公园的生态系统管理, 提高公园的承载能力^[3]。2004年, Simóna研究了承载力的概念, 并结合Hengistbury Head旅游区的环境现状给出提高其生态环境承载力的建议^[4]。2012年, 管利从承载力理论的产生、支撑和发展进行了分析与总结, 他认为适度理论、可持续发展理论、天人合一理论促进了承载力理论的发展和升华^[5]。我国从20世纪末才开始关注并研究生态环境承载力。2004年, 夏军在研究海河的生态环境问题时, 选择了多级关联评价模型来计算生态环境承载力, 结果表明提高供水和用水能力可以有效解决海河流域的生态环境问题^[6]。赵赞(2008)对当前生态旅游环境承载力的概念、计算模型进行了分析与总结, 提出了未来应该从基础理论、评价指标、优化调控等方面来开展研究^[7]。2009年, 张晶利用生态足迹法对徐州市的生态承载力进行研究, 结果表明徐州市的经济发展超出了生态环境系统合理承受的能力^[8]。2010年, 杜新波等研究了青海省海西州的生态环境, 并使用生态足迹的方法进行了承载力的测算^[9]。2014年, 王奎峰等建立生态环境承载力指标体系时,

收稿日期: 2017-05-05

基金项目: 河北省住建厅项目“河北省生态城市建设环境承载力研究”。

作者简介: 俞会新, 河北工业大学经济管理学院教授, 博士。研究方向: 经济与环境、世界经济。李玉欣, 河北工业大学经济管理学院硕士研究生。研究方向: 经济与环境。

考虑了山东半岛的生态环境现状,采用了P-S-R模型(压力——状态——响应模型)进行构建^[10]。2015年,杨秀平将生态环境承载力的理论应用到对旅游目的地的分析研究中,并提出如何实现旅游区可持续承载能力的研究框架^[11]。

当前国内外对生态环境承载力的研究主要集中在指标体系的构建模型和承载力的计算模型两方面,但是并未出现一个可以适用于所有研究对象的计量模型。因此,生态环境承载力的研究应更加深化和全面,不断寻找更合适的研究方法,为接下来的进一步研究打下基础。

1 生态环境承载力指标体系的构建

1.1 指标体系构建的理论基础及构建原则

1.1.1 理论基础

P-S-R模型,即压力——状态——响应模型,该模型经常被用来评价生态环境的质量。早在1979年,Rapport和Friend就提出了这一模型。经济合作与发展组织和联合国环境规划署又对该模型进行了发展和完善,使得该模型最终可以用于研究某一地区的生态环境问题。P-S-R模型代表了人类活动与生态环境的相互影响,其中压力

是指人类在发展过程中所进行的社会活动对环境造成的不利影响,状态是指人类的生活状态及人类社会活动影响下生态环境所处的状态,响应是指人类通过自身的努力治理恶化的生态环境,从而减轻人类活动对其的不利影响。

1.1.2 构建原则

(1)全面性原则:影响京津冀生态环境发展的因素有很多,在选择承载力指标时,必须考虑京津冀生态系统的完整性,经济、社会、环境各个方面都应该做到全面分析;(2)实用性原则:指标体系的实用性是指,进行指标选择时不能单纯追求数量,要考虑指标数据的可获得性和代表性;(3)客观性原则:承载力指标体系的构建,必须遵循科学依据,每一个指标的选择都要能够客观、真实的反映京津冀生态环境承载力现状。

1.2 京津冀生态环境承载力指标体系

本文基于现有成果,遵循全面性、实用性、客观性的原则,结合京津冀地区生态环境的现状,利用P-S-R模型构建了压力指标、状态指标、响应指标共22个京津冀生态环境承载力指标,具体指标体系如表1所示。

表1 京津冀生态环境承载力指标体系

子系统	指标代码	指标名称	指标属性	指标权重	
压力子系统 A1	A11	人口密度 (person · km ⁻²)	(-) ^①	0.134	
	A12	单位GDP能耗 (mtce · 10 ⁻⁴ RMB) ^②	(-)	0.062	
	A13	万元工业增加值用水量 (m ³ · 10 ⁻⁴ RMB)	(-)	0.053	
	A14	万元GDP工业固体废物产生量 (t · 10 ⁻⁴ RMB)	(-)	0.299	
	A15	万元GDP废水排放量 (t · 10 ⁻⁴ RMB)	(-)	0.023	
	A16	人均日生活用水量 (L)	(-)	0.015	
	A17	人均生活垃圾清运量 (t)	(-)	0.104	
生态环境承载力 指标体系	A21	第三产业占GDP的比重 (%)	(+) ^③	0.037	
	A22	人均城市道路面积 (m ²)	(+)	0.050	
	A23	人均水资源量 (m ³)	(+)	0.011	
	A24	人均公园绿地面积 (m ²)	(+)	0.013	
	状态子系统 A2	A25	环境空气质量优良天数比例 (%)	(+)	0.001
		A26	PM10年日均值 (mg · m ⁻³)	(-)	0.000
		A27	SO ₂ 年日均值 (mg · m ⁻³)	(-)	0.008
		A28	NO ₂ 年日均值 (mg · m ⁻³)	(-)	0.070
	响应子系统 A3	A29	区域环境噪声平均值 (dB)	(-)	0.002
		A31	城市生活垃圾无害处理率 (%)	(+)	0.001
A32		城市污水处理率 (%)	(+)	0.001	
A33		工业固体废物综合利用率 (%)	(+)	0.041	
A34		建成区绿化覆盖率 (%)	(+)	0.006	
A35		每万人拥有公共交通工具 (bt) ^④	(+)	0.037	
A36		环境污染治理投资占GDP的比重 (%)	(+)	0.032	

注: ①表中(-)代表负向指标; ②表中(+)代表正向指标; ③表中(mtce · 10⁻⁴ RMB)代表吨标准煤/万元; ④表中(bt)代表标台。

2 京津冀生态环境承载力综合值的测算

2.1 原始数据及阈值的来源

本文所使用的原始数据均来源于《中国环境统计年鉴 2015》、《中国统计年鉴 2015》、《河北省经济年鉴 2015》、《天津市统计年鉴 2015》、《北京市统计年鉴 2015》以及 2014 年北京市、天津市和河北省的国民经济和社会发展统计公报。

京津冀生态环境承载力指标体系中各指标的阈值来源于国家生态文明建设示范县、市指标(试行);国家生态文明建设试点示范区指标;国家环境保护模范城市考核指标及其实施细则(第6阶段);国家生态园林城市标准(暂行);《城市生态系统承载力》^[13];《生态宜居城市建设——河北省城市转型发展探索与实践》^[14];对于找不到阈值的指标,用京津冀三地的平均值代替。

2.2 指标的标准化及权重确定

在测算某一地区的生态环境承载力时,由于各个指标量纲不同,无法直接进行测算,需要标准化各个指标。为了各个指标说明问题的一致性,正向指标标准化时用原始值除以阈值;负向指标标准化时用阈值除以原始值。在测算北京、天津、河北三地的生态环境承载力时,数值越大代表该地区生态环境质量越好。

本文在计算各指标的权重时采用熵值法。熵是对不确定性的一种度量,如果第j个指标的信息熵 S_j 较小,则说明该指标提供的信息较大,即指标值的变化比较大,其权重也就更大。根据熵的定义,指标j的信息熵为

$$S_j = -\frac{1}{\ln m} \left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (1)$$

式中, b_{ij} 为指标数据 x_{ij} 的标准化以后的值。

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^m b_{ij}} \quad (2)$$

第j项指标的权重为

$$w_j = \frac{1-S_j}{n-\sum_{j=1}^n S_j}, \left(0 \leq w_j < 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right) \quad (3)$$

2.3 各项指标权重的计算结果

根据熵值法原理,对京津冀生态承载力各项

指标进行指标权重测算,结果见表1。

2.4 京津冀地区生态环境承载力综合值的测算结果

基于上述计算过程,采用线性加权平均模型测算生态环境承载力综合值,从而能够得到北京、天津、河北三地生态环境承载力综合值。具体计算方法如下:

$$Y = \sum_{j=1}^{22} w_j b_{ij} \quad (4)$$

式中,Y为生态环境承载力综合值, w_j 为指标j的权重, b_{ij} 为第j个指标标准化以后的值。

由以上公式计算得到2014年北京、天津、河北三地压力子系统、状态子系统、响应子系统的承载力值及各省生态环境承载力综合值见表2。

表2 京津冀生态环境承载力综合值及压力、状态、响应子系统承载力值

	压力子系统 承载力值	状态子系统 承载力值	响应子系统 承载力值	生态环境 承载力综合值
北京市	3.57	0.2445	0.142	3.953
天津市	1.83	0.1810	0.115	2.126
河北省	0.63	0.1799	0.073	0.885

由表2可以看到,北京市生态环境承载能力最好,河北省最差,天津市位于京津之间。与北京市和天津市相比,河北省生态环境脆弱,经济发展水平落后,吸收北京市的人口与资源密集型产业只会加大河北省的环境负荷,引起更严重的环境危机。从各子系统来看,北京市生态环境承压能力远远高于津冀两地,河北省承压能力和环境治理能力差,天津市的生态环境承压能力和北京市相比,差距也较大。

3 京津冀压力、状态、响应各子系统对比分析

为了具体分析北京、天津、河北三地生态环境质量差异的根源,本文从压力子系统指标、状态子系统指标、响应子系统指标出发对北京、天津、河北三地的生态环境进行对比分析。因此,本文采用阈值倍数的方法,即用各指标原始值除以阈值的方法对指标进行处理。各指标阈值处理后的值为1。

3.1 压力子系统对比分析

压力子系统指京津冀地区的人类经济和社会活动、资源消耗、污染物排放等对京津冀生态环境造成的影响和破坏。压力子系统指标都是负向指标,因此负向指标处理后的值越大,代表其对生态环境越不利。各个指标处理值如图1所示。

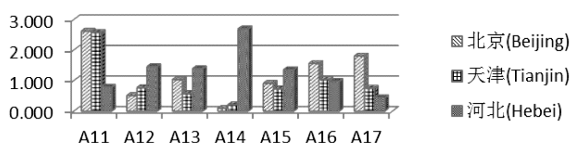


图1 压力子系统指标对比

由图1可以看到,压力子系统大部分指标均已超过阈值。北京市比较好的指标有单位GDP能耗、万元GDP工业固体废物产生量;天津市比较好的指标有万元工业增加值用水量、万元GDP废水排放量;河北省比较好的指标有人口密度、人均日生活用水量、人均生活垃圾清运量。

北京市和天津市人口密度大,人口的密集直接导致资源的快速消耗和生活垃圾的持续增加。由于资源配置的不合理,劳动力持续涌入京津,并且京津两地人口分布过于集中,带来了严重的交通堵塞、环境污染等问题。在京津冀三省市中,废水、工业固体废弃物、生活垃圾等污染物的排放对京津冀生态环境造成的压力越来越明显,其中河北省的资源消耗和排放问题最严重。从图1中可以看到,对于单位GDP能耗和万元工业增加值用水量指标,河北省是北京和天津的两倍左右;对于万元GDP工业固体废物产生量指标,河北省是北京和天津的10倍左右。

3.2 状态子系统对比分析

状态子系统指京津冀地区生态环境质量变化程度及人们生活质量的改变状况。状态子系统包括正向和负向指标,为分析方便,做正向指标和负向指标图表进行分析。图2是对状态子系统中正向指标处理后的对比分析图,正向指标处理后的值越大,对生态环境越有利。

由图2可以看到,北京市比较好的指标有第三产业占GDP的比重、人均公园绿地面积;天津市环境空气质量优良天数比例比京冀略好,其他指标都介于京冀之间;河北省比较好的指标有

人均城市道路面积、人均水资源量。

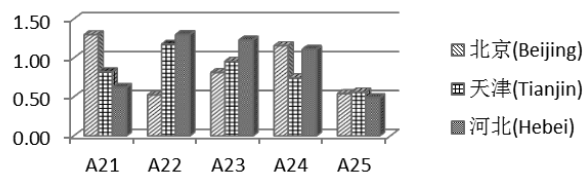


图2 状态子系统正向指标对比

京津冀地区属于全国水资源严重缺乏的地区之一,水资源缺口明显,水污染也很严重。河北省的人均水资源量高于京津是因为京津两地的水有很大一部分是从河北省输送过去的。然而,河北省作为工业大省,其用水量和废水排放量均大大高于北京和天津。同时,河北省第三产业占GDP的比重偏低,其GDP的增加主要依靠工业的拉动,这也造成了河北省日益恶化的空气污染问题,其环境空气质量优良天数比例较低。图3是对状态子系统中负向指标处理后的对比分析图。

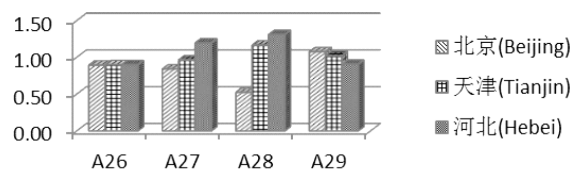


图3 状态子系统负向指标对比

由图3可知,北京市比较好的指标有PM₁₀年日均值、SO₂年日均值;天津市这4个指标均介于京冀之间,河北省比较好的指标是NO₂年日均值。

PM₁₀、SO₂、NO₂均为空气质量衡量指标,河北省SO₂年日均值远远大于京津两地。SO₂排放量主要来自于燃烧煤时所释放的气体。河北省每年煤炭的燃烧总量很大,基本可以占到其全部能源消耗的80%以上。而且,京津两地的煤炭消耗只是河北省的1/5左右。因此河北省SO₂排放量要远远大于京津两地,其SO₂年日均值也高于京津两地。

3.3 响应子系统对比分析

响应子系统指京津冀地区的人们如何通过自身的努力改变京津冀生态环境质量的退化,如何治理环境,预防生态环境的进一步恶化。图4是响应系统各个指标处理后的对比分析图。

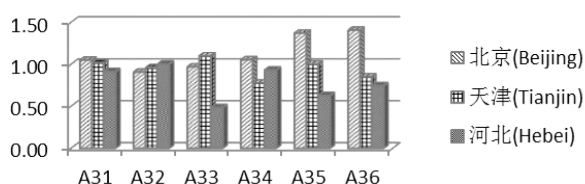


图4 响应子系统指标对比

由图4可以看到,总体来说,京津冀三地响应指标大部分未达到阈值要求。北京市比较好的指标有建成区绿地覆盖率、每万人拥有公共交通工具、环境污染治理投资占GDP的比重;天津市比较好的指标是工业固体废物综合利用率;河北省比较好的指标是城市污水处理率。

河北省生活垃圾和工业固体废物的处理和利用能力、公共交通工具普及情况、环境污染治理投资均低于京津两地。河北省经济落后,科技发展水平较低,科研经费投入不足,技术基础薄弱,对资源的循环利用能力较差。河北省2014年用于研发经费支出为320亿元,比上年增长8.2%,但是仅占全省生产总值的1.1%。天津市建成区绿化面积、公共交通工具普及情况、环境污染治理投资均低于北京。北京市处理污水和固体废物的能力比天津低。作为我国的首都,北京市聚集了全国最优秀的人才和最先进的技术,因此应充分利用其人才和技术优势,不断提高污水和工业固体废物的利用能力。

4 结论及对策建议

京津冀地区作为新兴的区域经济体,其发展对我国经济的促进作用越来越明显。然而,经济与环境之间的矛盾和冲突也越来越大。本文基于全面性、实用性和客观性的原则,基于P-S-R模型构建了京津冀生态环境承载力指标体系,对京津冀生态环境综合值进行测算,结果表明北京市生态环境承载能力最好,河北省最差,天津市位于京津之间。为了具体分析京津冀三地生态环境差异产生的根源,本文从压力、状态、响应子系统指标出发对三地的生态环境进行对比分析。从压力子系统指标看,京津冀三地大部分指标均已超标,其中京津两地的人口问题、河北省资源消耗及污染排放问题成为对环境造成污染的主要问题;从状态子系统指标看,京津冀空气污染问题

严重,津冀的基础设施建设不完善是主要问题;从响应子系统看,津冀的科技发展水平较落后,资源利用效率低是主要问题。

根据以上分析结果,为了提高京津冀生态环境承载力,本文从压力、状态、响应3个子系统出发,有针对性的指出提升京津冀生态环境承载力水平,促进京津冀地区经济与环境和谐发展的几点建议。

4.1 全力推进节能减排,减轻京津冀地区的承载压力

京津冀地区应严格控制主要污染物的排放总量,以可再生能源如风电、太阳能、地热等代替煤和石油等重污染能源,促进能源的开发和再利用。津冀两地应积极调整产业结构,引进先进的科技和人才,引导产业结构向科技型、节能型转变,增加第三产业的比重。北京市应积极促进水资源和生活垃圾的循环利用,减少资源的浪费。

4.2 加快基础设施建设,改善京津冀地区的承载能力

津冀两地应大力推进公园绿化、居住小区绿化、道路两侧绿化、城郊防护带绿化等,积极拓展绿化空间,根据地域特色选择植物品种,建立点线结合、层次多样的绿色生态走廊,同时加强城市的绿化管理,保证绿化用地面积。京津冀三地政府应增加沟通,加强区域间的合作,做好交通网络布局的优化,构建京津冀地区完整的公路网。北京市应继续推进与天津市、河北省相连接的铁路和公路建设,并且增加北京市周边地区的公路建设,减轻市中心的拥堵情况;河北省应加快北京环线项目的建设,并且增加公交车专用的行驶通道,完善城市公交网络体系;天津市应倡导居民乘坐公共交通出行,提升其使用效率。

4.3 提高资源利用效率,强化京津冀地区治理的环境能力

河北省应增强科技研发投入水平,建立创新型科技环境,运用先进的科技手段,增加对生态环境相关科研项目及机构的科技支持,北京市应提高水资源、固体废物的利用率,推动相关工艺的改造,提高资源的利用效率。同时,河北省和天津市应增加环境保护资金的投入,为政府相关

部门改善与治理生态环境提供充足的资金。但是,为了保证投入资金的落实,还需要相关制度的保障,这样才能保证环保资金能够真正发挥其保护环境的作用。

参 考 文 献

- [1] 宋强,张磊,陈晓.珠江三角洲经济区城市生态环境承载力研究[J].生态科学,1996,15(2):102~104.
- [2] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environmental [J]. Science, 1995, 268: 520~521.
- [3] Prato T. Modeling Carrying Capacity for National Parks [J]. Ecological Economics, 2001, 39: 321~331.
- [4] Simóna F J G, Narangajavana Y, Marqués D P. 2004. Carrying Capacity in the Tourism Industry: a Case Study of Hengistbury Head [J]. Tourism Management, 25: 275~283.
- [5] 管利.基于不同背景理论视角的承载力理论述评[J].商业时代,2012,13:108~110.
- [6] 夏军,王中根,左其亭.生态环境承载力的一种量化方法研究——以海河流域为例[J].自然资源学报,2004,19(6):786~793.
- [7] 赵赞.国内外生态旅游环境承载力相关研究综述[J].商业时代,2008,5:96~98.
- [8] 张晶.资源型城市生态承载力问题实证研究[J].商业时代,2009,29:118~119.
- [9] 杜新波,秦静.基于生态足迹的区域生态环境承载力评价——以青海省海西州为例[J].资源与产业,2010,12(5):56~60.
- [10] 王奎峰,李娜,于学峰等.基于P-S-R概念模型的生态环境承载力评价指标体系研究——以山东半岛为例[J].环境科学学报,2014,34(8):2133~2139.
- [11] 杨秀平,翁钢民.可持续发展思想与旅游环境承载力理论的关系再解——基于旅游环境可持续承载的视角[J].商业经济研究,2015,12:40~41.
- [12] 李影.环境承载力视角下的中国区域划分——基于多指标省域面板数据的聚类分析[M].工业技术经济,2015,(12):62~70.
- [13] 徐琳瑜,杨志峰.城市生态系统承载力[M].北京:北京师范大学出版社,2011:129~130.
- [14] 宋恩华.生态宜居城市建设——河北省城市转型发展探索与实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2012:35~36.

Comparative Study of Eco-environmental Carrying Capacity in Jing-Jin-Ji Region

Yu Huixin Li Yuxin

(School of Economic and management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

[Abstract] The P-S-R (Pressure-State-Response) model is used to construct index system of eco-environmental carrying capacity (ECC) in Jing-Jin-Ji Region. The index weight is determined according to the entropy method. The linear-weighted-average model is used to calculate the ECC of Jing-Jin-Ji Region in 2014. Considering the index of pressure subsystem, index of state subsystem, and index of response subsystem, the deep reason of the difference of eco-environmental quality among Beijing, Tianjin and Hebei is analyzed. The results indicate that comprehensive value of ECC in Beijing is the largest, comprehensive value of ECC in Hebei is the smallest. Based on the research, easing carrying pressure, upgrading ECC and intensifying environmental governance are useful to improve ECC in Jing-Jin-Ji Region.

[Key words] ecological environment; carrying capacity; entropy method; P-S-R model; Beijing-Tianjin-Hebei Region; energy conservation and emissions reduction

(责任编辑:史琳)