

京津冀地区产业发展的生态承载力分析与测度

谢会芹^{1,2} 赵敏华¹ 姚建树¹ 张春梅¹ 张向东^{1,2} 焦洪磊¹

1.河北科技师范学院 河北秦皇岛 066000;

2.河北科技师范学院海洋经济与沿海经济带研究中心 河北秦皇岛 066000

【摘要】京津冀地区拥有得天独厚的区位优势和丰富的海洋资源，“十三五”时期京津冀协同发展向纵深推进，“十四五”时期，京津冀区域仍处于历史性窗口期和战略性机遇期，资源环境容量不够、污染防治和生态修复任务艰巨。文章准确测度京津冀地区主要产业的生态承载力、科学评判三地生态承载力与产业发展的情况，进而探索出三地产业发展与生态承载能力相适应的路径，实现区域生态共治共享。

【关键词】京津冀地区；产业可持续发展；生态承载力；生态共治共享

中图分类号：F205；F550；F062.2；G40-054 文献标识码：A

Analysis and measurement of the ecological carrying capacity of the industrial development in the Beijing-Tianjin-Hebei region

Xie Hui qin^{1,2} Zhao Minhua¹ Yao Jianshu¹ Zhang Chunmei¹ Zhang Xiangdong^{1,2} Jiao Hong Lei¹

1.Hebei Normal University of Science and Technology, Hebei Qinhuangdao 066000;

2.Marine Economy and Coastal Economic Belt Research Center of Hebei Normal University of Science and Technology,
Hebei Qinhuangdao 066000

【Abstract】 the Beijing-Tianjin-Hebei region has unique geographical advantages and rich Marine resources, "much starker choices-and graver five-in" period, "difference" period, the Beijing-Tianjin-Hebei region is still in the historic window period and strategic opportunities, resources and environment capacity is not enough, pollution prevention and ecological restoration task. This paper accurately measures the ecological carrying capacity of the main industries in the Beijing-Tianjin-Hebei region, scientifically evaluates the ecological carrying capacity and the industrial development of the three regions, and then explores the path of the industrial development of the three regions corresponding to the ecological carrying capacity, so as to realize the regional ecological co-governance and sharing.

【Key words】 Beijing-Tianjin-Hebei region; sustainable industrial development; ecological carrying capacity; ecological co-governance and sharing

一、引言

产业可持续发展强调的是在经济发展的同时保护资源和环境，以实现长期的生态安全和社会公平。这意味着产业活动需要在满足当前需求的考虑到未来的需求，避免过度消耗自然资源和破坏生态环境。产业可持续发展的核心在于实现经济、社会和环境的和谐共存，确保当代人的发展需求不损害后代人满足其需求的能力。

京津冀地区拥有得天独厚的区位优势和丰富的海洋资源，随着政策红利的持续释放，京津冀地区已经逐渐成为地方经济发展的重要驱动力和新的区域经济增长点，在推动内部协同发展、构建国际间合作共赢新格局方面，承担着至关重要的战略使命。京津冀区域拥有雄厚的工业底蕴，高端装备制造制造业、新能源产业、钢铁产业、海洋电力产业、海洋交

通运输业及海洋工程装备制造业作为京津冀主要主导产业和战略新兴产业，其健康可持续发展对区域经济发展具有极其重大的意义。准确分析、测度与评估京津冀主要产业的生态承载力，科学评判产业生态承载力与产业发展的一致性，从实际出发探索三地生态共治共享路径，提升河北省、京津冀在全国的综合影响力，是京津冀协同发展战略顺利推进的关键。

二、产业生态承载力评价指标体系确定

针对研究区域内人口密度高、社会经济快速发展、资源能源消耗量大的特点，经过严谨筛选与充分论证，最终确定了一个包含3项二级指标、9项三级指标和35项具体指标，且层次分明、逻辑清晰的产业生态承载力的评价指标体系^[1]，

如表所示。

表 产业生态承载力评价指标体系及权重

目标层	准则层	因素层	指标层
产业生态承载力评价	承载媒体的支撑力 (0.6)	产业总体发展状况 (0.2)	规模以上工业企业总产值
			规模以上企业个数
		XX 产业发展状况 (0.5)	XX 产业营业收入
			XX 产业营业收入累计增长率
			XX 产业增加值累计增长率
			XX 产业增加值对经济增长贡献率
		港口基本状况 (0.2)	XX 产业增加值占经济比重
			货物吞吐量
			外贸货物吞吐量
			集装箱吞吐量
	社会发展 (0.1)	码头长度	
		泊位个数	
	承载对象的压力 (0.4)	人口压力 (0.55)	万吨级泊位个数
			城镇居民人均可支配收入
		经济增长 (0.20)	农村居民人均可支配收入
			第三产业 GDP 占比
资源耗损 (0.13)	社会消费品零售额		
	人均 GDP		
生态弹性力 (0.1)	环境污染 (0.12)	GDP 增长率	
		第二产业占 GDP 比例	
	环境治理 (1.0)	全社会用水量	
		工业废水排放量	
		工业固体废物排放量	
		区域声环境质量平均等效声级	
		生态环境状况指数 (EI)	
		空气质量优于二级及以上天数的比例	
		地表水优于 III 类水质的比例	
		建成区绿化覆盖率	
		工业固体废物利用率	
		区域噪声达标区面积占建成区总面积的比例	

(注：数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国港口年鉴》《秦皇岛统计年鉴》《天津统计年鉴》《唐山统计年鉴》)

三、建立评价模型

京津冀地区产业生态承载力的大小取决于承载媒体的支撑力、承载对象和生态弹性力的压力三个方面，生态承载力的指数计算也基于这三个方面，分别为承载媒体的支撑力 (CCS) 指数、承载对象的压力 (CCP) 指数和生态弹性力 (EEC) 指数^[2]。

$$\text{承载媒体的支撑力指数计算公式为：} CCS = \sum_{i=1}^{n2} S_i \times W_i$$

S_i 为影响因素 i (产业发展状况、重点产业发展状况、港口基本状况、社会发展) 的值， W_i 为影响因素 i 对应的权重； $n2$ 为影响因素数量。

$$\text{承载对象的压力指数计算公式为：} CCP = \sum_{k=1}^{n3} S_k \times W_k$$

S_k 为影响因素 k (人口压力、经济增长、资源耗损、环境污染) 的值， W_k 为影响因素 k 对应的权重， $n3$ 为影响因素数量，需要注意的是 CCP 越大，说明生态系统所承受的压力越小。

$$\text{生态弹性力指数计算公式为：} EEC = \sum_{v=1}^{n1} S_v \times W_v$$

S_v 为影响因素 v (环境治理) 的值； W_v 为影响因素 v 对应的权重； $n1$ 为影响因素数量。

$$\text{生态承载力指数计算公式如下为：} ECC = \sum_{x=1}^3 A_x \times W_x$$

A_x 为准则层评价结果 (即 CCS、CCP、EEC 指数)， W_x 为准则层权重。

四、产业生态承载力测算

以京津冀地区高端装备制造产业为例，从《中国统计年鉴》等获取数据，根据评价指标体系和评价模型进行测算。

(一) 承载媒体的支撑力分析

1. 产业总体发展状况

京津冀地区高端装备制造产业规模以上工业企业总产值高达 96130 亿元，规模以上企业个数多达 20000 个。归一化处理时，设定每个指标的理想值，规模以上工业企业总产值理想值为 100000 亿元，规模以上企业个数理想值为 25000 个。进行归一化处理，规模以上工业企业总产值得分 = $96130 \div 100000 \times 100 = 96.13$ ，规模以上企业个数得分 = $20000 \div 25000 \times 100 = 80$ 。规模以上工业企业总产值的权重为 0.60，规模以上企业个数的权重为 0.40。

$$\text{总得分} = 96.13 \times 0.60 + 80 \times 0.40 = 57.678 + 32 = 89.678$$

2. 高端装备制造产业发展状况

高端装备制造产业营业收入高达 21647.48 亿元，营业收入累计增长率达到 11.2%。增加值累计增长达到了 10.6%，增加值对经济增长的贡献率高达 38.6%，增加值占经济比重为 23.4%。归一化处理时，设定营业收入理想值为 25000 亿元，营业收入增长率理想值为 15%，增加值增长率理想值为 12%，增加值对经济增长贡献率理想值为 40%，增加值占经济比重理想值为 25%。营业收入得分 = $21647.48 \div 25000 \times 100 = 86.59$ ；营业收入增长率得分 = $11.2 \div 15 \times 100 = 74.67$ ；增加值增长率得分 = $10.6 \div 12 \times 100 = 88.33$ ；增加值对经济增长贡献率得分 = $38.6 \div 40 \times 100 = 96.5$ ；增加值占经济比重得分 = $23.4 \div 25 \times 100 = 93.6$ 。营业收入的权重为 0.20，营业收入增长率的权重为 0.20，增加值增长率的权重为 0.20，增加值对经济增长贡献率的权重为 0.20，增加值占经济比重的权重为 0.20。

$$\text{因此，总得分} = 86.59 \times 0.20 + 74.67 \times 0.20 + 88.33 \times 0.20 + 96.5 \times 0.20 + 93.6 \times 0.20 = 17.318 + 14.934 + 17.666 + 19.3 + 18.72 = 87.938$$

3. 港口基本状况

京津冀地区的货物吞吐量达到了 192073 万吨，外贸货物吞吐量达到 73700 万吨，集装箱吞吐量达到 4665.6 万吨，码头长度总计 122511 米，京津冀地区港口拥有 511 个泊位，288 个万吨级泊位的数量。归一化处理，货物吞吐量理想值为 200000 万吨，外贸货物吞吐量理想值为 80000 万吨，集

集装箱吞吐量理想值为 5000 万吨, 码头长度理想值为 130000 米。泊位个数理想值为 550 个, 万吨级泊位个数理想值为 300 个。货物吞吐量得分= $192073 \div 200000 \times 100=96.04$; 外贸货物吞吐量得分= $73700 \div 80000 \times 100=92.13$; 集装箱吞吐量得分= $4665.6 \div 5000 \times 100=93.31$; 码头长度得分= $122511 \div 130000 \times 100=94.24$; 泊位个数得分= $511 \div 550 \times 100=92.91$; 万吨级泊位个数得分= $288 \div 300 \times 100=96$ 。按照, 货物吞吐量的权重为 0.20, 外贸货物吞吐量的权重为 0.20, 集装箱吞吐量的权重为 0.15, 码头长度的权重为 0.15, 泊位个数的权重为 0.15, 万吨级泊位个数的权重为 0.15。

总得分= $96.04 \times 0.20+92.13 \times 0.20+93.31 \times 0.15+94.24 \times 0.15+92.91 \times 0.15+96 \times 0.1=19.208+18.426+13.9965+14.136+13.9365+14.4=94.103$ 。

4. 社会发展

京津冀地区城镇居民人均可支配收入为 6.26 万元/人。相较于城镇居民, 农村居民的人均可支配收入较低, 具体为 1.62 万元/年。第三产业, 特别是服务业, 在 GDP 中的占比高达 69.3%, 社会消费品零售额高达 19920.7 亿元。理想值设定, 城镇居民人均可支配收入理想值为 10 万元/人、农村居民人均可支配收入理想值为 5 万元/人、第三产业 GDP 占比理想值为 80%、社会消费品零售额理想值为 25000 亿元。城镇居民人均可支配收入得分= $6.26 \div 10 \times 100=62.6$; 农村居民人均可支配收入得分= $1.62 \div 5 \times 100=32.4$; 第三产业 GDP 占比得分= $69.3 \div 80 \times 100=86.625$; 社会消费品零售额得分= $19920.7 \div 25000 \times 100=79.683$ 。权重分配后, 城镇居民人均可支配收入为 0.25, 农村居民人均可支配收入为 0.25, 第三产业 GDP 占比为 0.25, 社会消费品零售额为 0.25。总得分= $62.6 \times 0.25+32.4 \times 0.25+86.625 \times 0.25+79.683 \times 0.25=15.65+8.1+21.65625+19.92075=65.327$ 。

综上, 京津冀高端装备制造业承载媒体的支撑力= $89.678 \times 0.2+87.94 \times 0.5+94.10 \times 0.2+65.33 \times 0.1=87.26$

(二) 承载对象的压力分析

1. 人口压力

京津冀地区当前面临的出生率低于死亡率的现象, 进而导致了人口数量的自然减少, 出现负的自然增长率, 具体数值为-1.97%, 京津冀地区的人口密度为 954.5 人/平方公里。归一化处理, 人口自然增长率理想值为 0.5%, 人口密度理想值为 500 人/平方公里。因人口自然增长率为负值, 因此人口自然增长率得分=0, 人口密度得分= $500 \div 954.5 \times 100=52.39$ 。人口自然增长率的权重为 0.50, 人口密度的权重为 0.50。

总得分= $0 \times 0.50+52.39 \times 0.50=26.195$

2. 经济增长

京津冀地区人均 GDP 达到 12.75 万元, GDP 年增长率为 5.0%, 第二产业在 GDP 中的占比为 29%。归一化处理时, 设定每个指标的理想值, 人均 GDP 理想值为 15 万元/人, GDP 年增长率理想值为 7%, 第二产业占 GDP 比例理想值为 25%。进行归一化处理, 人均 GDP 得分= $12.75 \div 15 \times 100=85\%$, GDP 年增长率得分= $5.0 \div 7 \times 100=71.43\%$, 第二产业占 GDP 比例得分= $29 \div 25 \times 100=116\%$ 。人均 GDP 的权重为 0.40, GDP 年增长率的权重为 0.30, 第二产业占 GDP 比例的权重为 0.30。

总得分= $85 \times 0.40+71.43 \times 0.30+116 \times 0.30=34+21.429+25.863=81.292$

3. 资源耗损

京津冀地区全社会用水总量达到 255.75 亿立方米, 全社会用电总量为 6594.8 亿千瓦时, 工业原煤消耗量为 5869.875 万吨。归一化处理时, 设定每个指标的理想值, 全社会用水总量理想值为 200 亿立方米, 全社会用电总量理想值为 5000 亿千瓦时, 工业原煤消耗量理想值为 40000 万吨。全社会用水总量得分= $255.75 \div 200 \times 100=127.875$, 全社会用电总量得分= $6594.8 \div 5000 \times 100=131.896$, 工业原煤消耗量得分= $5869.875 \div 40000 \times 100=14.6746875$ 。全社会用水总量的权重为 0.30, 全社会用电总量的权重为 0.40, 工业原煤消耗量的权重为 0.30。

总得分= $127.875 \times 0.30+131.896 \times 0.40+14.6746875 \times 0.30=38.3625+52.7584+4.40240625=95.52330625$

4. 环境污染

工业固废排放总量高达 2494.63 万吨, 区域声环境昼间平均等效声级为 54.3 分贝。归一化处理时, 设定每个指标的理想值, 工业固废排放量理想值为 1500 万吨, 区域声环境昼间平均等效声级理想值为 50 分贝。工业固废排放量得分= $2494.63 \div 1500 \times 100=166.308$, 区域声环境昼间平均等效声级得分= $54.3 \div 50 \times 100=108.6$ 。工业固废排放量的权重为 0.50, 区域声环境昼间平均等效声级的权重为 0.50。

总得分= $166.308 \times 0.50+108.6 \times 0.50=83.154+54.3=137.454$

综上, 京津冀高端装备制造业承载对象的压力= $26.195 \times 0.55+81.29 \times 0.2+74.23 \times 0.13+76.11 \times 0.12=49.45$

(三) 京津冀高端装备制造业生态弹性力分析

生态环境状况指数 (EI) 为 64.2, 空气质量达到或优于二级的天数占比为 69.1%, 地表水达到或优于 III 类水质标准的比例为 61.5%, 建成区绿化覆盖率为 44.2%, 工业固体综合利用率高达 93.6%, 环境噪声达标区面积占建成区总面积的比例为 80%。归一化处理时, 设定每个指标的理想值, 生

态环境状况指数理想值为100,空气质量优于二级及以上天数理想比例为100%,地表水优于Ⅲ类水质比例理想值为100%,建成区绿化覆盖率理想值为60%,工业固体综合利用率理想值为100%,环境噪声达标区面积比例理想值为100%。生态环境状况指数得分 $=64.2 \div 100 \times 100=64.2$,空气质量天数得分 $=69.1 \div 100 \times 100=69.1$,地表水质量得分 $=61.5 \div 100 \times 100=61.5$,绿化覆盖率得分 $=44.2 \div 60 \times 100=73.67$,工业固体利用率得分 $=93.6 \div 100 \times 100=93.6$,环境噪声得分 $=80 \div 100 \times 100=80$ 。生态环境状况指数的权重为0.15,空气质量天数的权重为0.15,地表水质量的权重为0.15,绿化覆盖率的权重为0.15,工业固体利用率的权重为0.20,环境噪声的权重为0.20。总得分 $=64.2 \times 0.15+69.1 \times 0.15+61.5 \times 0.15+73.67 \times 0.15+93.6 \times 0.20+80 \times 0.20=9.63+10.365+9.225+11.0505+18.72+16=74.9905$,即京津冀高端装备制造业生态弹性力 $=74.99$

通过上述分析,京津冀高端装备制造业生态承载力得分 $=87.26 \times 0.5+49.45 \times 0.4+74.99 \times 0.1=70.909$ 。

同理,可得出京津冀新能源产业、钢铁产业、海洋电力产业和海洋交通运输产业的生态承载力分别是70.579、70.03、68.189、69.314。可看出京津冀产业的生态承载力高或较高承载水平(得分60—69属于较高承载,70—100属于高承载)^[3]。通过障碍度因子分析可以系统性地识别并提炼出制约生态承载力提升的关键因素^[4],发现京津冀地区产业发展中,存在人口压力较大、资源耗损严重、环境污染较重的问题,产业与生态均有较大进步空间。

五、提升京津冀地区产业生态承载力的举措

(一) 发展高端制造业和新能源产业

京津冀地区应主动引导并支持电子信息、生物技术、新材料、新能源(例如太阳能、风能)等高技术含量、低污染

及高附加值产业的发展。制定具体的财税优惠政策,为高新技术企业提供税收减免、资金补助等支持,以降低企业的创新成本与运营成本。建设技术创新中心与研发平台,吸引国内外顶尖的科研机构与人才,加速科技成果的转化与应用。建立政府引导下的风险投资基金,以支持初创的高科技企业拓展市场,提升其竞争力。通过产业园区的集聚效应,形成规模经济与技术协同,从而提升产业链的整体竞争力与可持续发展能力。

(二) 推广循环经济和清洁生产

在钢铁、化工等传统行业中推行循环经济模式,是削减资源消耗与污染排放的有效策略。应鼓励企业开展废物交换活动,即将一家企业的废弃物转化为另一家企业的生产原料,从而实现废物的再利用与资源的最大化配置。推动老旧设备的更新换代,引进节能减排的现代技术设备,优化生产工艺流程,提升能源利用效率。需定期对企业实施清洁生产审核,全面评估其生产过程中的资源利用状况与环境影响,并提出针对性的改进措施。

(三) 加强环保技术投入

企业作为环保技术创新与应用的核心主体,其在环保技术研发投入上的积极性直接关系到区域环境质量的改善进程。对于自主研发并成功应用新型环保技术的企业,政府应给予相应的财政奖励或税收优惠,以资鼓励。应鼓励企业与高等院校、科研机构建立合作关系,共同研发符合本地产业发展需求的环保技术。通过国际合作,积极引进先进的环保技术与管理经验,加速本地环保技术的迭代升级。

京津冀地区产业结构的调整与优化是一项系统工程,需政府、企业与社会各界的协同努力。通过发展高端制造业与新能源产业、深化循环经济与清洁生产实践、加大环保技术研发投入等措施,不仅可以有效提升区域的生态承载力,还能促进经济结构的优化升级,实现环境保护与经济的双赢局面。

参考文献

- [1]金曲超,刘桂环,吴文俊,等.长江经济带国家重点生态功能区生态补偿环境效率评价[J].环境科学研究,2020,33(2):471-477.
 - [2]王云霞.北京市生态承载力与可持续发展研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2010.
 - [3]孙桂平,元利,李琪琛.基于可持续发展视角的河北省武安市生态承载力研究[J].国土资源科技管理,2015,32(3):118-125.
 - [4]廖雨辰,谢雨,刘俊雁,等.九寨沟自然保护区生态安全动态评价及障碍因子[J].生态学报,2021,41(15):5950-5960.
- 项目资助:河北省社会科学基金项目(HB21YJ039);

作者简介:谢会芹,女,山东定陶,汉族,1984.07,硕士研究生,副教授,研究方向:主要从事产业经济、物流与供应链管理以及教育教学方法论研究。