国家中心城市高质量发展与生态环境耦合协调度及空间格局演进研究

韩冬[1]

（中共天津市委党校 马克思主义学院，天津 300191）

【摘 要】：文章以9个国家中心城市为研究对象，构建包括高质量发展系统和生态环境系统的复合评价指标体系，采用熵值法、耦合协调发展模型动态测度 2012—2018 年各城市高质量发展系统与生态环境系统的综合水平以及二者的耦合协调度。结果显示：国家中心城市的高质量发展水平存在显著的空间差异，生态环境指数评分具有一定的区域差异，但并不明显；耦合协调关系处于稳步向协调阶段迈进的态势，研究期末除重庆处于过渡阶段外，其他城市全部进入协调发展阶段，空间分异特征呈现弱化趋势。

【关键词】：国家中心城市 高质量发展 生态环境 空间格局

【中图分类号】：F062.2；X196**【文献标识码】**：A**【文章编号】**：1671-4407(2021)06-158-07

党的十八大以来，深入推进以人为核心的新型城镇化道路，倡导集约、智能、绿色、低碳的发展方式；党的十八届五中全会提出“创新、协调、绿色、开放、共享”的五大发展理念以提升发展质量，走可持续发展之路。党的十九大提出要“坚持人与自然和谐共生”，我国的生态文明制度化建设持续推进，“建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计”。在生态文明建设背景下，以城市群为主体的高质量发展是我国未来城镇化的路径和方向，是事关推动全国高质量发展、实现中华民族伟大复兴的重大命题。城市群城镇化的推进将步入以高质量发展和绿色发展为主体的阶段，力求实现经济、社会、环境的有机统一，中心城市作为区域的增长极和动力源，还要面对经济社会发展与生态环境保护的双重压力。实现高质量发展和生态文明建设的和谐统一成为新时代发展的必然要求，探讨科学客观的评价体系，有效测评高质量发展和生态环境的耦合协调关系具有重要的理论和现实意义。

国外对城市发展与生态环境保护之间关系的研究起步较早，评价由定性研究[1-2]逐渐步入定量化阶段[3-4]。国内相关研究起步晚于国外，这与中国的城镇化发展进程相匹配，国内学者从不同学科、领域出发，对城市与生态环境的协调发展进行了大量的理论和实证研究，内容主要涉及以下几个方面：一是指标选取和评价体系构建，从高质量发展[5]、生态文明建设[6]等视角，根据中国实际和发展阶段，确定评价原则、标准和指标；二是用不同模型框架分析城市发展和生态环境的互动关系，常用的包括熵值法、因子分析、VAR 模型、引力模型等[7-9]；三是以某一区域为测评对象，对城镇化与生态环境的耦合协调关系进行定量研究，在耦合类型判定、分析视角、驱动因素判别、路径选择等方面展开探讨[10-12]。目前国内大部分研究主要集中于某一区域城市发展与生态环境耦合关系的测度和研究，且以某一年度的截面数据为主，跨区域动态定量研究相对匮乏，以国家中心城市为研究对象的定量研究成果有待丰富和完善。

[1]**作者简介**：韩冬，博士，副研究员，研究方向为城镇化、土地利用。E-mail:dizhonghaihd@163.com
基金项目：全国地方党校(行政学院)重点调研课题“京津冀城市群高质量发展水平综合测度和实现路径研究”(2020dfdxzddykt005);中共天津市委党校(天津行政学院、中共天津市委党史研究室)青年马克思主义者培育项目“京津冀城市群的城镇化高质量发展水平测度与协调度分析”(19QMWT14)

因此，本研究以 9 个国家中心城市为研究对象，构建包括高质量发展系统和生态环境系统的复合评价指标体系，采用熵值法、耦合协调发展模型动态测度新时代以来各城市高质量发展系统与生态环境系统的综合水平以及二者的耦合协调度指数。最后，对 2012—2018 年各项测评结果的发展变化和空间格局演变进行比较分析和系统总结，为国家制定重大区域政策，充分发挥中心城市的引领作用，提升治理效能提供科学依据和可循样本。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文的研究对象为 9 个国家中心城市，包括东部城市：北京、天津、上海、广州，中部城市：武汉、郑州，西部城市：重庆、西安、成都，原始数据主要来源于 2013—2019 年各城市统计年鉴，部分数据采用《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及政府部门公开的数据。不同指标的量纲和数量级不尽相同，在整体测评分析过程中不具有可比性，需要对原始数据进行标准化处理，以确保数据的同趋化，改变产生负面效益的逆向指标，因此，本文采用极值法对各指标原始数据进行标准化处理，公式如下：

当 X 为产生正面效益的正向指标时：

$$X'=(X-X_{min})/(X_{max}-X_{min}) \quad (1)$$

当 X 为产生负面效益的逆向指标时：

$$X'=(X_{max}-X)/(X_{max}-X_{min}) \quad (2)$$

式中：X 表示指标的初始数值，X′ 表示经过标准化处理的可加权变量，X_{max}、X_{min} 分别表示指标中的最大值、最小值。

1.2 指标体系构建

指标体系应能反映出城镇化过程中每个城市的发展质量以及生态环境状况。按照评价指标选取的科学性、客观性、代表性、预见性、易操作性等原则，结合国家中心城市社会经济发展情况和城镇化发展阶段，以新型城镇化为核心从人口城镇化、经济城镇化、社会城镇化、空间城镇化、城乡一体化 5 个方面选取 17 个指标构建城市高质量发展评价指标体系。同时根据 PSR 模型[13]，从生态环境禀赋、生态环境压力、生态环境保护 3 个方面选取 11 个指标构建生态环境评价指标体系，如表 1 所示。

表 1 城市高质量发展与生态环境评价指标体系及权重

目标层	准则层	指标层	指标性质	指标权重
高质量发展系统	人口城镇化	人口密度/(人/km^2)	正向	0.1008
		城镇化率/%	正向	0.0354
		三产就业人数占比/%	正向	0.0606
		就业率/%	正向	0.0250

	经济城镇化	经济密度/(万元/km^2)	正向	0.1074
		人均 GDP/元	正向	0.0487
		三产占比/%	正向	0.0622
		GDP 增速/%	正向	0.0338
	社会城镇化	城镇居民人均可支配收入/元	正向	0.0772
		万人拥有医院床位数/张	正向	0.0734
		万人拥有公共车辆/台	正向	0.0529
		教育经费占比/%	正向	0.0458
	空间城镇化	人均拥有道路面积/m^2	正向	0.0638
		建成区占比/%	正向	0.0854
		人均拥有建成区面积/m^2	正向	0.0833
	城乡一体化	人均可支配收入之比(农村=1)	负向	0.0274
		人均消费之比(农村=1)	负向	0.0169
生态环境系统	生态环境禀赋	城市绿化覆盖率/%	正向	0.0845
		人均公园绿地面积/m^2	正向	0.0697
		人均水资源量/吨	正向	0.1540
		人均耕地面积/公顷	正向	0.2288
		人均国土面积/m^2	正向	0.1819
	生态环境压力	人均工业废水排放量/吨	负向	0.0707
		人均二氧化硫排放量/吨	负向	0.0505
		万元 GDP 能耗/(吨/万元)	负向	0.0360
	生态环境保护	工业固体废弃物综合利用率/%	正向	0.0424
		城市污水处理率/%	正向	0.0343
		生活垃圾无害化处理率/%	正向	0.0472

1.3 熵值法

根据指标体系中权重确定方式的不同，评价方法可分为主观赋值法和客观赋值法。主观赋值法是指指标权重由相关领域专家或科研团队根据经验、专业知识等方式主观判断得到。客观赋值法是在原始数值的基础上通过科学的处理方法得到权重值，其结果取决于客观数据，因此不受主观影响。本文采取客观赋值法——熵值法来确定各个变量在整个系统中的权重。以往研究

多以截面数据为分析样本，为了实现动态测评的研究需要，本文加入时间变量形成面板数据，两个系统评价得分计算过程如下：

(1)指标释义。

X_{rij}为第 r 年城市 i 的第 j 个指标数值，其中 r=1,2,…,q； i=1,2,…,n； j=1,2,…,m。

(2)权重确定。

首先，运用极值法标准化数据计算权重值 P_{rij}：

$$P_{rij} = X'_{rij} / \sum_r \sum_i X'_{rij} \tag{3}$$

其次，计算第 j 个指标的信息熵 H_j：

$$H_j = -k \sum_r \sum_i P_{rij} \ln P_{rij} \tag{4}$$

式中：k 为调节系数，k=1/lnqn。

再次，计算第 j 个指标的冗余度 h_j：

$$h_j = 1 - H_j \tag{5}$$

最后，计算指标权重 w_j：

$$w_j = h_j / \sum_j h_j \tag{6}$$

综上，某项指标的熵值可以用来衡量自身的离散程度，并最终决定指标的权重大小。

(3)计算综合评价指数。

利用熵值法计算权重的城市高质量发展指数和生态环境发展指数表达式为：

$$U_1(U_2) = \sum_j X'_{rij} w_j \tag{7}$$

式中：U_1 为城市高质量发展指数，U_2 为生态环境发展指数，X'_{rij}为利用极值法处理的标准化指标值，w_j 为通过熵值法确定的各个指标变量在各自系统中的权重(已列示于表 1 中)，通过两个系统对应指标的加权求和获得评价得分。该方法完全依靠指标数值本身在整个系统中的权重，计算得到的评价指数较为完整地保留了各个指标的数据信息，能够最大程度保证结果的客观完整性。

1.4 耦合协调度指数

本文根据物理学相关理论建立耦合协调度指数，分析城市高质量发展系统和生态环境系统之间的相互作用强度以及由无序走向有序过程中良性互动的大小。其中，耦合度衡量两个或两个以上系统相互影响和交互发展的程度，耦合协调度则反映了其中的正向反馈。

$$C=\left[\frac{U_1\times U_2}{(0.5U_1+0.5U_2)^2}\right]^2 \quad (8)$$

$$T=\alpha U_1+\beta U_2 \quad (9)$$

$$D=\sqrt{C\times T} \quad (10)$$

式中：C 为城市高质量发展系统和生态环境系统的耦合度，值域为[0,1]，C 由 0 到 1 的过程表示两个系统影响相互增强的过程，当 0<C≤0.3 时，表示系统间处于低水平耦合阶段；当 0.3<C≤0.5 时，表示系统间为拮抗阶段；当 0.5<C≤0.8 时，表示系统间为磨合阶段；当 0.8<C≤1 时，表示系统间为高水平耦合阶段[14]。T 为两个系统的协调度，即综合发展水平和协同效应；α 和 β 为待定系数，鉴于高质量发展和生态环境对城镇化进程均具有重要且深远的影响，在参考以往研究的基础上[15-16]，设定 α=β=0.5。D 为耦合协调度指数，通过数学推导可以发现，D 的值域为[0,1]，D 值越接近于 1，说明两个系统的耦合协调度越高，二者处于良性互动均衡发展状态，根据指数大小，耦合协调度可分为 3 个发展阶段共 10 个类型[17]，如表 2 所示。

表 2 耦合协调发展类型、阶段、特征

<table>
<tr><th>耦合协调度</th><th>发展类型</th><th>发展阶段</th><th>发展特征</th></tr>
<tr><td>0≤D＜0.1</td><td>极度失调</td><td rowspan="4">失调阶段</td><td rowspan="10">$U_1-U_2>0.1$，生态环境系统滞后型；$-0.1\leq U_1-U_2\leq 0.1$，高质量发展系统与生态环境系统同步型；$U_1-U_2<-0.1$，高质量发展系统滞后型</td></tr>
<tr><td>0.1≤D＜0.2</td><td>严重失调</td></tr>
<tr><td>0.2≤D＜0.3</td><td>中度失调</td></tr>
<tr><td>0.3≤D＜0.4</td><td>轻度失调</td></tr>
<tr><td>0.4≤D＜0.5</td><td>濒临失调</td><td rowspan="2">过渡阶段</td></tr>
<tr><td>0.5≤D＜0.6</td><td>勉强耦合协调</td></tr>
<tr><td>0.6≤D＜0.7</td><td>初级耦合协调</td><td rowspan="4">协调发展阶段</td></tr>
<tr><td>0.7≤D＜0.8</td><td>中级耦合协调</td></tr>
<tr><td>0.8≤D＜0.9</td><td>良好耦合协调</td></tr>
<tr><td>0.9≤D≤1.0</td><td>优质耦合协调</td></tr>
</table>

2 实证结果分析

2.1 高质量发展综合评价

根据式(1)～(7)，对 9 个国家中心城市高质量发展系统 2012—2018 年 5 个子系统 17 个指标的数据进行处理，计算得出各城市高质量发展指数 U_1(表 3)。

表 3 2012—2018 年国家中心城市高质量发展指数 U_1

城市	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
北京	0.4238	0.4443	0.4683	0.4774	0.4938	0.5236	0.5437
天津	0.3882	0.4148	0.4184	0.4292	0.4280	0.4407	0.4350
上海	0.5244	0.5300	0.5625	0.5771	0.6081	0.6350	0.6941
广州	0.5457	0.5887	0.5809	0.6393	0.6633	0.7050	0.6963
武汉	0.3482	0.3512	0.3744	0.3903	0.4135	0.4667	0.4848
郑州	0.2881	0.2969	0.3207	0.3550	0.3752	0.4300	0.4648
重庆	0.1386	0.1627	0.1712	0.1921	0.2093	0.2333	0.2514
西安	0.3166	0.3375	0.3373	0.3668	0.3808	0.4017	0.4249
成都	0.3183	0.3236	0.3377	0.3518	0.3628	0.3955	0.4247

从高质量发展指数来看，东、中、西部区域特征明显，东部城市作为率先发展地区，整体优势突出，各中心城市所处城市群成为引领全国经济发展的增长极和动力源，其中，广州地区研究期间高质量发展指数一直保持领先。中部地区武汉、郑州发展态势强劲，郑州评分由期初的第 8 位上升为第 5 位，赶超西部城市西安、成都和东部城市天津。西部地区分为两个梯队，重庆在全部国家中心城市的评分最低，同时与西安和成都差距明显，但发展速度不容小觑。

为进一步明确各城市高质量发展的主导因素和发展短板，对 2018 年各城市高质量发展系统内部人口城镇化、经济城镇化、社会城镇化、空间城镇化、城乡一体化 5 个子系统的发展水平进行测评分析，如图 1 所示。结果显示：各城市在城乡一体化方面存在明显的短板，而在人口、经济、社会、空间方面的发展水平则具有显著的空间差异。人口指数反映农业人口向城镇转移和聚集的程度以及就业情况，评分较高的为上海、北京，评分较低的为重庆、成都。经济指数反映经济发展的速度、质量和结构，评分较高的为上海、广州，评分较低的为重庆、西安。社会指数反映居民的生活水平和公共服务状况，评分较高的为广州、郑州，评分较低为天津、重庆。空间指数反映城镇空间扩张程度和土地利用情况，评分较高的为广州、上海，评分较低的为重庆、郑州。城乡一体化指数反映城乡居民收入和支出的协调发展情况，各个城市在该指数方面的评分均较低，明显落后于其他各子系统。

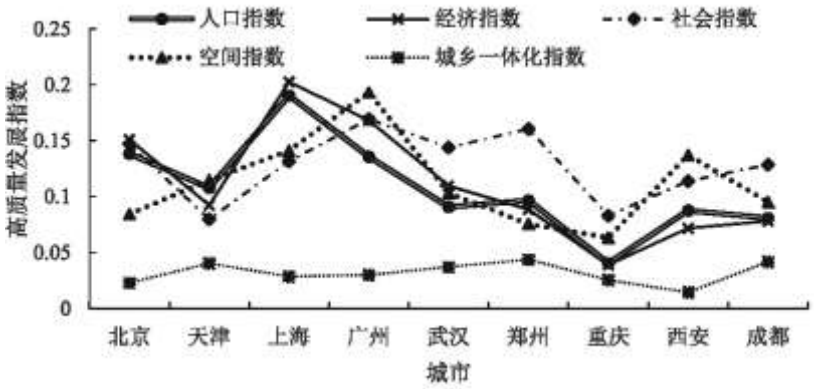

图 1 2018 年国家中心城市高质量发展系统内各子系统指数

2.2 生态环境发展综合评价

根据式(1)～(7)，对 9 个国家中心城市生态环境系统 2012—2018 年 3 个子系统 11 个指标的数据进行处理，计算得出各城市生态环境指数 U_2(表 4)。

表 4 2012—2018 年国家中心城市生态环境发展指数 U_2

城市	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
北京	0.4144	0.4367	0.4590	0.4679	0.4845	0.4834	0.4848
天津	0.3112	0.3042	0.2977	0.3288	0.3404	0.3557	0.3626
上海	0.2208	0.2471	0.2691	0.2757	0.3154	0.3388	0.3539
广州	0.3817	0.3969	0.4391	0.4577	0.4717	0.4788	0.5221
武汉	0.3315	0.3845	0.4044	0.4134	0.4445	0.4597	0.4553
郑州	0.2579	0.2652	0.3010	0.3104	0.3925	0.4146	0.4197
重庆	0.6387	0.6517	0.6429	0.6441	0.6821	0.6877	0.6822
西安	0.3603	0.3801	0.4025	0.4396	0.4518	0.4757	0.4252
成都	0.4276	0.4327	0.4225	0.4347	0.4681	0.4732	0.4625

从表 4 可以看出，各城市的生态环境指数与高质量发展指数不同，并未表现出很强的区域特征，生态环境指数一定程度上甚至出现与高质量发展指数排名相反的特征：重庆在高质量发展系统中与其他中心城市差距明显，而在生态环境系统却表现亮眼，研究期间一直稳居首位，考虑到指标多以人均、占比等反映质量的选取原则，重庆丰富的资源禀赋给予了其更大的发展空间。在高质量发展系统仅次于广州排名第二的上海，却在生态环境方面排在最后，经济的高速发展和城镇化的持续推进导致生态环境的制约效果逐渐显现。形成鲜明对比的是，广州在实现高质量发展的同时，确保了生态环境系统均衡发展，这也将为城

市整体协调发展提供样本。

从生态环境系统内部各子系统对整体指数的影响情况来看，选取 2018 年各城市生态环境指数构成要素禀赋、压力、保护指数测评结果进行分析，如图 2 所示。结果显示：各城市生态环境各子系统的排名具有相似的排序特征，除武汉外，其他城市的禀赋指数>压力指数>保护指数，其中，禀赋指数具有显著的空间分异性，压力指数、保护指数差别不大。禀赋指数反映一个地区生态环境和各类资源的人均水平，评分较高的为重庆、广州，评分较低的为上海、天津。压力指数反映经济社会发展的环境成本和能耗情况，该系统各指标为负向指标，评分越高代表生态环境承压越大，不利于生态文明建设和经济社会发展，评分较高的为北京和西安，评分较低的为天津和武汉。保护指数反映生态环境保护的成效，评分较高的为武汉和上海，评分较低的为西安和重庆。

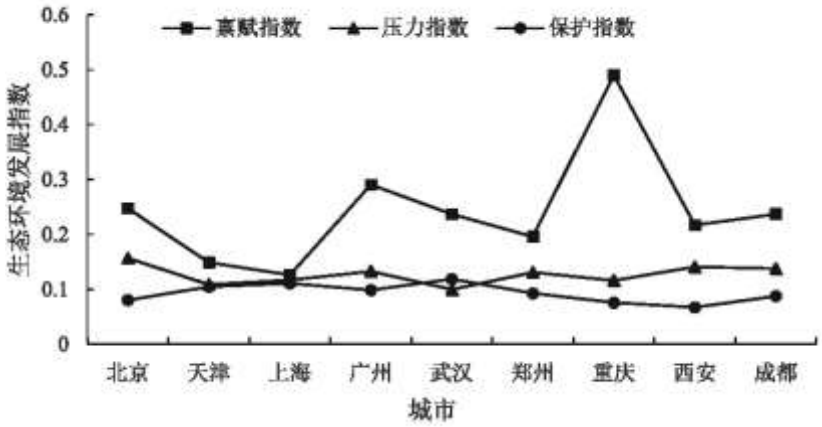

图 2 2018 年国家中心城市生态环境系统内各子系统指数评分

2.3 耦合协调度分析

根据式(8)，对 2012—2018 年 9 个国家中心城市高质量发展系统和生态环境系统的耦合度进行测评，如表 5 所示。由表 5 的结果可以看出，除上海、重庆外的其他 7 个城市在研究期间一直保持高水平的耦合度，说明高质量发展系统和生态环境系统的协同效应一直处于强影响阶段，保持有序的互动关系。上海两系统间的耦合度在 2012—2018 年持续且缓慢上升，表明两系统间的协同效应在逐步增强，但受生态环境系统发展滞后影响，整体耦合度提升速度受限，由磨合阶段向高水平耦合转变进展较慢。重庆两系统间的耦合度正经历由拮抗阶段向磨合阶段转变，与高水平耦合发展差距明显，但耦合度的提升速度较快，良好的生态环境禀赋为高质量发展奠定了一定的基础。

表 5 2012—2018 年国家中心城市高质量发展系统和生态环境系统耦合度

城市	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
北京	0.9997	0.9999	0.9998	0.9998	0.9998	0.9968	0.9935
天津	0.9759	0.9532	0.9440	0.9653	0.9742	0.9773	0.9836
上海	0.6955	0.7525	0.7666	0.7659	0.8092	0.8236	0.8004
广州	0.9384	0.9257	0.9617	0.9459	0.9438	0.9283	0.9595

武汉	0.9988	0.9959	0.9970	0.9983	0.9974	0.9999	0.9980
郑州	0.9939	0.9936	0.9980	0.9911	0.9990	0.9993	0.9948
重庆	0.3434	0.4089	0.4411	0.5009	0.5164	0.5724	0.6194
西安	0.9917	0.9929	0.9845	0.9838	0.9855	0.9858	0.9999
成都	0.9575	0.9588	0.9753	0.9779	0.9681	0.9841	0.9964

通过表 3、表 4、表 5 的数据计算 9 个国家中心城市两个系统的耦合协调度指数，结合其分类标准，绘制高质量发展和生态环境系统耦合协调度指数变化趋势图(图 3)。首先，从评价得分上看，2012—2018 年，9 个国家中心城市高质量发展与生态环境两系统间耦合协调度发展趋势呈现出如下特点：一是各城市两系统间的耦合协调度呈现提升趋势，所有城市较期初均有不同程度的提高。二是提升速度与期初耦合协调度密切相关，期初指数值越低，提升速度越快。三是区域差距正在逐渐缩小，研究期初，东部城市优势相对明显，平均耦合协调度为 0.6，中部城市为 0.55，西部城市为 0.51；研究期末，东、中、西部城市平均耦合协调度分别为 0.69、0.67、0.62。

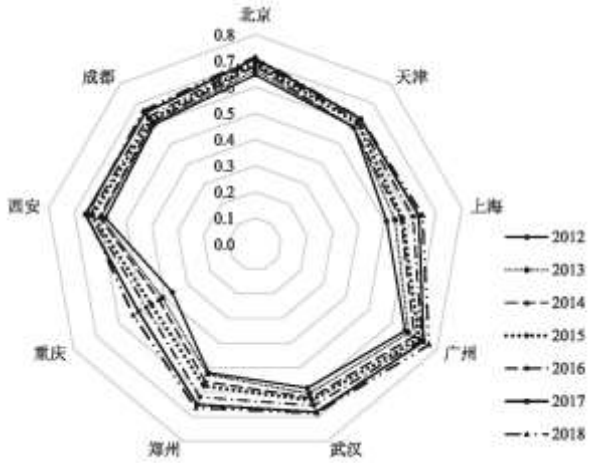

图 3 国家中心城市高质量发展和生态环境系统耦合协调度指数变化趋势图

其次，从发展类型上看，研究期内，除重庆外，其他 8 个中心城市的耦合协调度均由过渡阶段进入协调发展阶段，高质量发展系统和生态环境系统逐步实现良性互动。重庆两系统间耦合协调度指数发展阶段滞后，由失调阶段向过渡阶段转变。根据划分标准，进一步判别各城市系统间耦合协调演变的发展阶段和特征，选取 2012 年、2015 年、2018 年的截面数据进行汇总，如表 6 所示。研究显示，东部城市总体处于协调发展阶段，高质量发展系统成为主导；耦合协调度逐步提升，发展特征表现为生态环境系统滞后型和两系统同步型并存，城市内部高质量发展指数不同程度上大于生态环境指数。中部城市总体步入协调发展阶段，不同系统交互发展，并未体现出明显的绝对优势。西部城市由失调向协调发展转变，发展特征分别表现为高质量发展系统滞后型和两系统同步型，但从具体数值可以看出，西部中心城市内部生态环境系统占据主导地位，高质量发展指数偏低。

2.4 空间格局演进

表 6 国家中心城市高质量发展系统和生态环境系统耦合发展阶段和特征

城市	2012 年		2015 年		2018 年	
	阶段	特征(U_1-U_2)	阶段	特征(U_1-U_2)	阶段	特征(U_1-U_2)
北京	初级耦合协调	同步型(0.0094)	初级耦合协调	同步型(0.0095)	中级耦合协调	同步型(0.0589)
天津	勉强耦合协调	同步型(0.0770)	初级耦合协调	生态环境滞后型(0.1004)	初级耦合协调	同步型(0.0724)
上海	勉强耦合协调	生态环境滞后型(0.3037)	勉强耦合协调	生态环境滞后型(0.3013)	初级耦合协调	生态环境滞后型(0.3402)
广州	初级耦合协调	生态环境滞后型(0.1640)	中级耦合协调	生态环境滞后型(0.1816)	中级耦合协调	生态环境滞后型(0.1742)
武汉	勉强耦合协调	同步型(0.0167)	初级耦合协调	同步型(-0.0232)	初级耦合协调	同步型(0.0294)
郑州	勉强耦合协调	同步型(0.0303)	勉强耦合协调	同步型(0.0445)	初级耦合协调	同步型(0.0451)
重庆	轻度失调	高质量发展滞后型(-0.5002)	濒临失调	高质量发展滞后型(-0.4521)	勉强耦合协调	高质量发展滞后型(-0.4308)
西安	勉强耦合协调	同步型(-0.0437)	初级耦合协调	同步型(-0.0728)	初级耦合协调	同步型(-0.0003)
成都	勉强耦合协调	同步型(-0.1093)	初级耦合协调	同步型(-0.0829)	初级耦合协调	同步型(-0.0377)

9 个国家中心城市北起北京，南至广州，东部城市依托东南沿海分布，中西部城市主要以长江黄河所辖区域为中轴，形成南北—东西带状分布。为进一步比较各城市高质量发展系统、生态环境系统以及二者的耦合协调度空间演进情况，分别选取 2012 年、2015 年、2018 年的评价指数得分进行比较分析，结果显示：高质量发展系统、生态环境系统以及二者的耦合协调度指数在截面上表现出不同的空间分布特征，在趋势上表现出相似的演进过程。

(1)从国家中心城市高质量发展指数(图 4)来看，高质量发展水平较高的广州、上海、北京均属于东部沿海城市，研究期间一直处于前 3 名的位置；高质量发展水平较低的城市以中西部城市为主，贯穿两河流域。高质量发展的空间分布呈现出“东部高—中西部低”的态势。从发展趋势变化而言，空间布局没有发生扭转性变化，但相对差距在缩小。

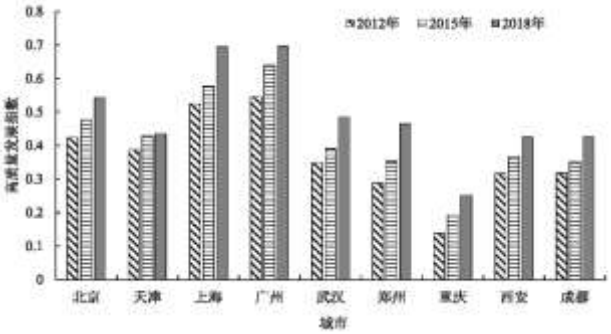

图 4 国家中心城市高质量发展指数评价结果

(2)从国家中心城市生态环境指数(图 5)来看，以重庆为代表的西部城市整体生态环境发展水平较高，中、东部在不同年份的排位发生一定的变化。2012 年，生态环境发展布局表现为“西部高—中东部低”的特点；2015—2018 年，生态环境发展呈现西部城市携南北两翼向中东部推进的发展梯次，空间布局呈现“西南北三面高—中东部低”的特点。

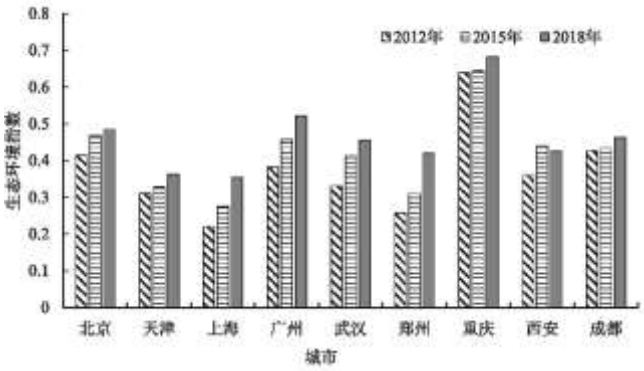

图 5 国家中心城市生态环境指数评价结果

(3)从国家中心城市两系统耦合协调度(图 6)来看，各城市整体协调发展程度较高且在研究期间均呈现普遍提升的态势。2012 年高质量发展系统与生态环境系统耦合协调度最高的广州、北京分别位于南北两翼，耦合度最低的重庆、上海则处在东西两侧；2015 年和 2018 年，各城市耦合协调度延续这一空间分布，但各地的差距明显缩小，东部城市上海、西部城市重庆以及中部城市郑州、武汉等城市耦合协调度快速提升弱化了原有的空间分异特征。

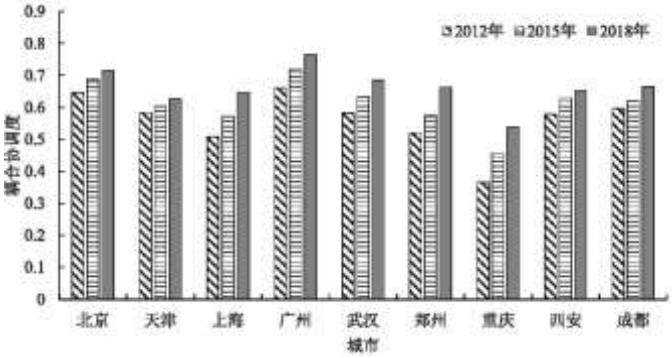

图 6 国家中心城市高质量发展系统和生态环境系统耦合协调度

根据国家中心城市高质量发展和生态环境耦合协调度及其空间分布情况，广州两系统耦合协调度指数评分最高，从发展阶段看率先进入中级耦合协调阶段，其高质量发展指数和生态环境指数一直稳居各城市子系统前列。重庆的耦合协调度指数最低，但 2017 年也进入协调发展阶段，其高质量发展指数和生态环境发展指数在各子系统中的排位分列第 9 位和第 1 位，差距悬殊导致协调发展水平不高；出现类似情况的城市还包括上海，其生态环境发展水平严重滞后于高质量发展水平。从发展特征和趋势看，经济社会率先发展起来的东部城市以高质量发展系统占优，但受到生态环境的压力和制约；西部城市生态环境发展水平具有优势，但经济社会发展是短板；中部城市双系统发展水平居中，整体发展态势良好。总体而言，国家中心城市空间分异特征呈现日益消弭态势，各城市子系统的短板正在逐渐补齐。

3 结论与展望

(1)国家中心城市在高质量发展指数以及系统内部人口、经济、社会、空间 4 个子系统方面存在显著的空间差异，城乡一体化子系统发展水平不高。总体而言，广州的高质量发展指数一直处于各城市首位，优势地位较为明显，其多个子系统均名列前茅，保持相对均衡稳定的发展态势；重庆高质量发展指数则位于各城市末位，与其他城市差距明显。其余 7 个城市中，北京、上海高质量发展指数高于整体平均水平，天津、武汉、郑州、西安、成都均低于平均水平。高质量发展指数在空间布局上表现为“东部高—中西部低”的态势。

(2)国家中心城市生态环境指数具有一定的区域差异，但并不明显。其中，子系统禀赋指数具有显著的空间分异性，但压力指数、保护指数差别不大。整体来看，重庆的生态环境指数明显高于其他各城市，得益于重庆良好的资源禀赋条件；上海的生态环境指数最低，与其高质量发展指数的高水平形成反差。其他城市中，北京、广州、成都的生态环境指数高于平均水平，天津、武汉、郑州、西安低于平均水平。生态环境指数的空间布局由期初的“西部高—中东部低”，演变为西部城市携南北两翼向中东部推进的发展梯次。

(3)国家中心城市高质量发展与生态环境耦合协调关系处于稳步向协调阶段迈进的态势，研究期末除重庆处于过渡阶段外，其他城市全部进入协调发展阶段，空间分异特征呈现弱化趋势。总体而言，东部城市高质量发展系统优于生态环境系统，属于生态环境滞后型。中部城市两系统交互发展，并未体现出明显的绝对优势。西部城市生态环境系统优于高质量发展系统，属于高质量发展系统滞后型。期初，高质量发展系统与生态环境系统耦合协调度最高的广州、北京分别位于南北两翼，耦合协调度最低的重庆、上海则处在东西两侧，空间分异特征未发生改变，但差距在逐渐缩小。

本文运用熵值法、耦合协调度模型分析了 2012—2018 年 9 个国家中心城市高质量发展和生态环境发展水平、耦合协调度和空间格局演进趋势，比较直观地反映了各城市高质量发展和生态文明建设水平以及协调发展情况，为国家中心城市更好地发挥核心职能，率先解决经济社会发展和生态环境保护之间的难题提供了一定的实证基础，也为扩展研究对象提供了新的思路，具有积极的实践和研究价值。研究表明，国家中心城市高质量发展系统与生态环境系统的发展呈现稳步提升态势并具有区域空间分异特征，两系统具有较强的耦合关系，良性互动向协调阶段迈进，但与高水平的协调健康发展仍有差距。各城市要充分利用国家大力推进城市群建设、开创双循环新发展格局的契机，积极发挥中心城市的引擎带动作用，在“五位一体”总体布局的引领下，深入推进生态文明建设，促进产业升级转型和新旧动能转换，提升资源转化效率和质量，因地制宜补齐短板，提升区域整体城镇化发展水平，促进经济、社会、生态持续稳步健康发展。

参考文献:

[1]Hancock T.Health,human development and the community ecosystem:Three ecological models[J].Health Promotion International,1993,8(1):41-47.

[2]Webster P,Sanderson D.Healthy cities indicators—A suitable instrument to measure health?[J].Journal of Urban Health,2012,90(S1):52-61.

[3]Astaraie-Imami M,Kapeian Z,Fu G T,et al.Assessing the combined effects of urbanization and climate change on the river water quality in an integrated urban wastewater system in the UK[J].Journal of Environmental Management,2012,112(24):1-9.

[4]Paynter I,Genest D,Saenz E,et al.Quality Assessment of Terrestrial Laser Scanner Ecosystem Observations Using Pulse Trajectories[J].IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing,2018,99:1-10.

[5]李金昌，史龙梅，徐蔼婷.高质量发展评价指标体系探讨[J].统计研究，2019(1)：4-14.

[6]张乃明，张丽，卢维宏，等.区域绿色发展评价指标体系研究与应用[J].生态经济，2019(12)：185-189.

[7]王珂，郭晓曦，李梅香.长三角大湾区城市群生态文明绩效评价——基于因子分析与熵值法的结合分析[J].生态经济，2020(4)：213-218.

[8]侯玉巧，汪发元.绿色创新与经济增长动态关系研究——基于 VAR 模型的实证分析[J].生态经济，2020(5)：44-49.

[9]唐晓灵，杜莉.基于引力模型的区域经济发展与生态环境耦合协调研究——以陕西省为例[J].生态经济，2020(7)：164-169.

[10]梁丽英，梁彦庆，黄志英，等.生态文明背景下健康城市发展与土地集约利用耦合协调关系研究——以京津冀为例[J].生态经济，2020(4)：88-94.

[11]王秀明，张勇，奚蓉，等.广东省城镇化与生态环境耦合协调的空间特征及影响因素研究[J].中国环境管理，2019(3)：100-106.

[12]刘春雨，刘英英，丁饶干.福建省新型城镇化与生态环境的耦合分析[J].应用生态学报，2018(9)：3043-3050.

[13]吕洁华，孙喆，张滨.森林管护对森林生态安全的响应成效与影响路径分析[J].林业经济问题，2019(4)：355-362.

[14]吕洁华，孙喆，张滨.新型城镇化与生态环境协调发展及关键因素判别[J].生态经济，2020(6)：83-88.

[15]任梅，程钰，任建兰.山东省城市化与生态环境非协调耦合关系判别及空间类型研究[J].世界地理研究，2016(5)：58-68.

[16]王宾，于法稳.长江经济带城镇化与生态环境的耦合协调及时空格局研究[J].华东经济管理，2019(3)：58-63.

[17]杨秀平，张大成，刘利利，等.生态脆弱区新型城镇化与生态环境耦合协调性测度[J].统计与决策，2020(15)：128-132.