

基于多因素集成评价的京津冀城市群协调发展分析

孙晓艳¹, 王军霞¹, 赵鑫¹, 张艳辉¹, 连文威¹, 段红梅²

(1. 石家庄铁道大学经济与法律学院, 石家庄 050043; 2. 商务部国际贸易经济合作研究院, 北京 100710)

摘要: 基于2015—2022年京津冀区域13个城市的数据, 构建集成评价体系, 从环境质量、经济规模、社会进步和科技创新等子系统对城市发展水平进行全面评估。在此基础上利用耦合协调度模型测度各城市发展的协调性, 并进一步利用LMDI(对数平均迪氏指数)模型量化识别子系统对城市发展协调性变化的贡献程度。研究表明, 2015—2022年, 京津冀城市群整体发展水平呈现出稳定上升的趋势, 反映出区域内各城市在经济、社会、科技等方面的持续进步。然而, 城市间的发展水平依然存在明显的空间梯度特征, 核心城市如北京、天津在整体发展中处于领先地位, 而其他远离核心区的城市发展相对滞后, 区域内部发展相对分化。此外, 城市发展协调程度有所提升, 但各个城市发展的协调性差异依然显著。其中, 科技创新是促进京津冀城市群协调发展变化的主要驱动力, 而环境质量依然是制约协调发展的关键瓶颈, 对协调发展变化的贡献程度最低。最后, 从加强核心城市辐射带动、推动跨区域互联、创新资源分配倾斜、强化环保治理协作等方面提出优化城市协调发展的建议。

关键词: 城市发展; 指标体系; 协调性; 因素分解; 京津冀城市群

中图分类号: F207; F290 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)15-0211-08

目前, 区域协调发展已成为中国贯彻新发展理念的重要途径。作为经济、贸易和工业等凝聚要素为基础的核心区域, 京津冀城市群正逐步成为区域协同发展的战略新引领、创新驱动经济增长的新引擎和国家生态文明建设的战略新导向^[1-2]。其中, 城市作为经济活动和人口集聚的中心, 其协调发展在推动区域协同发展中发挥着关键作用, 高质量的城市发展有助于加速区域经济一体化的进程, 从而提升城市群的整体竞争力和可持续性^[3-4]。2015年6月, 《京津冀协同发展规划纲要》(以下简称《纲要》)的出台将城市协调发展明确为国家战略重点。然而, 京津冀城市仍面临一系列现实挑战, 包括城市间环境治理的不均衡、经济发展差距显著、社会公共服务资源分配不均以及科技创新能力两极分化等。基于此, 如何在环境、经济、社会和科技等维度间实现平衡, 已成为当前推进京津冀城市群的城市协调发展和落实协同发展战略亟待解决的关键问题。

城市在经济发展中扮演着越来越重要的角色。然而, 快速城市化带来的资源与经济的不平衡性引发了诸多社会问题^[5]。作为经济发展的核心区域,

城市的可持续发展引起了学者们的广泛关注, 并致力于从多个角度探讨城市的可持续高质量发展, 为目前的城市发展问题提供多维度的理论支持和实践见解。Tan等^[6]为寻求城市的可持续发展, 从城市承载力的角度剖析了城市承载力的驱动因素。Zhu等^[7]则通过构建可持续城市的土地更新框架, 从城市土地的角度探讨了如何通过空间发展权实现土地的可持续利用和再生机制。张跃胜等^[8]立足城市高质量发展, 通过挖掘城市发展的科学内涵和评价体系对城市高质量水平进行了评述, 并肯定了城市高质量发展对中国实现2035远景目标的重要性。张治栋和江伟^[9]则聚焦区域一体化战略, 通过准自然实验法肯定了国家战略对城市高质量发展的引导作用。卜伟等^[10]利用发展评价指标体系核算和比较了京津冀、长三角等城市群的经济高质量发展水平, 发现各城市群的发展水平均有所提升, 且各有发展优势和短板。陈红梅和李建豹^[11]同样以长三角城市群为研究对象, 利用空间自相关模型探讨了城市高质量发展对碳排放存在的空间溢出效应。

在国家区域协同发展战略的驱动下, 京津冀城

收稿日期: 2025-02-16

基金项目: 河北省高等学校社科研究2024年度项目(SQ2024027)

作者简介: 孙晓艳(1992—), 女, 山东潍坊人, 博士, 讲师, 硕士研究生导师, 研究方向为能源经济、资源产业经济与可持续发展; 王军霞(2002—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为环境经济学; 赵鑫(2002—), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向为产业经济学; 张艳辉(1977—), 男, 江苏徐州人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为绿色金融; 连文威(1994—), 男, 浙江温州人, 博士, 讲师, 硕士研究生导师, 研究方向为资源产业经济; 通信作者段红梅(1965—), 女, 北京人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为资源产业经济。

市群逐渐成为诸多学者讨论的热点话题,并从城市发展、影响因素等多个角度进行分析和探讨。其中,Li 等^[12]评估了 2010—2020 年城市群竞争力水平,提出与长三角和珠三角城市群相比,京津冀城市群的竞争力相对较弱,需要优先刺激创新和城市发展,并以绿色发展推动该地区的生态文明建设。安树伟和凡路^[13]聚焦区域产业分工,提出城市间密切的经济联系能够促进京津冀城市群的产业链发展和完善。刘秉镰和边杨^[14]则结合京津冀的历史实践,从经济发展、生态改善、协同开放的宏观角度提出了现代化示范区的路径构想。而刘媛媛和杜伟航^[15]通过引入交互项,实证分析了创新与开放对京津冀城市群绿色低碳发展的作用机制,并提出提高创新水平能够有效促进城市绿色发展进程。钟茂初和赵天爽^[16]同样聚焦科技创新,利用空间杜宾模型验证了科技创新对城市群高质量发展的潜在影响,结果表明京津冀中心城市的科技创新对其周边城市的发展呈现出“涓流效应”,即可以通过科技核心区域的资源扩张促进周边城市的高质量发展。

协调性作为可持续发展的关键因素,衡量协调性对于评估城市发展过程中各类资源的平衡至关重要。基于此,Sun 等^[17]聚焦韧性城市建设,测度了京津冀城市群的城市韧性并分析了各子系统的协调关系,研究发现城市发展韧性的区域差异明显。李治国等^[18]聚焦黄河流域城市群,对能源-经济-环境-科技等元系统间的耦合协调水平进行了分析,结果表明该地区的协调发展水平有所上升,且科技系统发展相对滞后。Wang 等^[19]通过探究关中地区城市发展与生态环境之间的协调发展水平,发现两者之间的协调程度在逐渐提升。胡剑波和周宗康^[20]基于京津冀 13 个城市的面板数据,采用耦合协调度模型分析了经济高质量发展与碳排放水平间的协同发展程度,结果表明经济集聚、人口规模等能够明显提升区域协同水平,而人力资本的提升作用却相对有限。韩冬^[21]则进一步运用莫兰指数等方法分析了京津冀城市群发展与碳排放间耦合协调度的时空演进特征。在相关研究中,为了衡量协调性指数,耦合协调度模型作为一种有效的分析工具被引入,以用于定量评估城市发展过程中各系统之间的协调水平。例如,叶思雨等^[22]利用耦合协调度模型探究了数字经济、产业转型、绿色低碳发展间的协调程度。Lu 等^[23]利用耦合协调度模型,研究了城市基础设施与人口的协调关系。尚艳春^[24]分析了多个城市群中经济系统与人口间的协调发展水平,提出目前各城市群间协调程度的地域差异依然明显。

总体而言,尽管学者们在城市发展和协调性研究等方面已取得显著进展,但关于如何系统性协调

环境、经济、社会、科技等多维度资源关系的研究仍需得到进一步补充。现有研究大多局限于单一维度或局部问题的探讨,缺乏对多维度协同作用的系统分析,尤其未能深入揭示各维度间相互影响的内在机制。基于此,本文立足国家区域协同发展战略,聚焦京津冀城市群协调发展进程,以多维度资源统筹为研究切入点,构建涵盖环境质量、经济规模、社会进步与科技创新等多领域的综合协调框架。通过采用定性与定量相结合的研究方法,系统剖析京津冀城市群在协调发展过程中面临的环境治理不均衡、经济发展差距显著、公共服务资源分配不均、科技创新能力两极分化等多重挑战,并提出针对性的策略建议,以期提升城市群整体协调性和可持续性提供理论支持和实践参考。

1 模型方法与数据

构建城市发展评价指标体系,利用集成评价方法评估 2015—2022 年京津冀城市群的城市发展水平,并通过耦合协调度模型核算城市发展的协调程度,最后利用 LMDI(logarithmic mean Divisia index,对数平均迪氏指数)模型定量识别各子系统对城市发展协调性变化的贡献度,以明确城市协调发展方向。具体研究框架如图 1 所示。

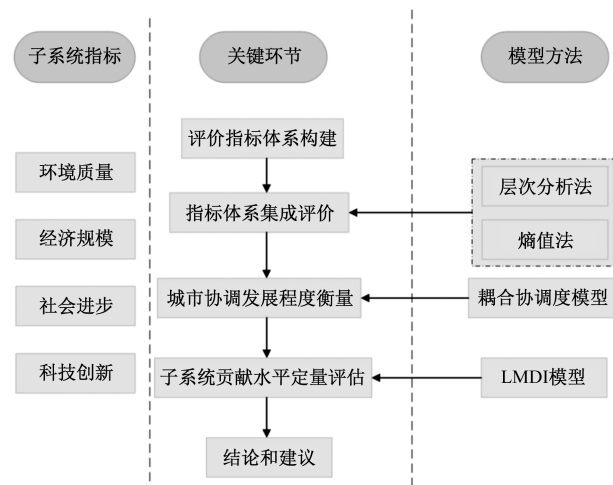


图 1 研究框架

1.1 模型方法

1.1.1 城市发展指标体系构建与集成评价方法

目前,城市发展水平作为城市可持续性和整体竞争力的直接体现,对实现区域协同发展具有重要意义,是环境、经济、社会 and 科技等维度均衡有序发展的结果。具体而言,首先,优质的环境质量是城市可持续发展的基础^[25-26],它不仅能够提高居民的生活质量,还能够吸引投资和人才,进而增强城市竞争力和治理能力。其次,经济规模是城市发展的直接驱动力,雄厚的经济基础为城市发展中的基础设施建设、产业结构优化、城市建设投资提供了保

障,提升经济规模在一定程度上能够促使城市提升综合竞争力^[27]。同时,社会进步对于城市发展同样重要。显著的社会进步往往表现出较高的城镇化水平、合理的人口增长、稳定的就业水平以及优质的公共服务水平等^[28]。此外,科技创新是城市发展的重要引擎,也是其知识经济发展潜力的直接体现^[29-30]。基于此,本文将城市发展水平划分为4个子系统,分别定义为环境质量、经济规模、社会进步、科技创新,并基于子系统的各项指标对城市发展进行综合评价,同时考虑各指标数据的获得性、完整性和可比较性,具体见表1。

为提高城市发展的评估准确性,本文赋权采用集成评价方法[结合主观(层次分析法)和客观(熵值法)的评价方法]。值得注意的是,为了确保评估结果的公平性,设定子系统具有同等重要性,集成权重评价公式为

$$W_{kt} = \frac{W_{akt} + W_{ckt}}{2} \quad (1)$$

式中: W_{kt} 为第k个子系统中的第t个3级指标权重; W_{akt} 、 W_{ckt} 分别为层次分析法和熵值法测算的权重。其中,子系统中各指标均进行了独立的权重核算。 W_{akt} 的估计如式(2)所示。

$$\left\{ \begin{aligned} \mathbf{A}_{k(i,j)} &= (a_{i,j})_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \end{bmatrix} \\ \bar{W}_{akt} &= \sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 a_{i,j}} \\ W_{akt} &= \frac{\bar{W}_{akt}}{\sum_{t=1}^3 \bar{W}_{akt}} \end{aligned} \right. \quad (2)$$

式中: $\mathbf{A}_{k(i,j)}$ 为第k个子系统中的3级指标比较矩阵; $a_{i,j}$ 为i指标相比于j指标的重要性,并且遵循 $a_{i,j} = \frac{1}{a_{j,i}}$; \bar{W}_{akt} 、 W_{akt} 分别为未标准化和标准化后的权重系数。同时,为保证评估准确性,需要对权重进行检验,检验过程如式(3)所示。

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{\sum_{t=1}^3 [\mathbf{A}_{k(i,j)} W_{akt}]_t}{n W_{akt}} \\ CI &= \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \\ CR &= \frac{CI}{RI} \end{aligned} \right. \quad (3)$$

式中: λ_{\max} 为权重矩阵的最大特征根; n 为矩阵阶数;CI为一致性指数;RI为模拟1000次得到的随机一致性指标,这与矩阵阶数有关;CR为检验门槛,当 $CR < 0.1$ 时,即表示检验通过。

熵值法是依据选择的样本数据特征来确定权重的方法。 W_{ckt} 的估计过程如式(4)所示。

$$\left\{ \begin{aligned} S_m &= \frac{x_m - \min X_t}{\max X_t - \min X_t} \\ E_t &= \frac{\sum_{m=1}^N p_m \ln p_m}{- \ln n} \\ p_m &= \frac{S_m}{\sum_{n=1}^N S_m} \\ \lim_{p_m \rightarrow 0} p_m \ln p_m &= 0, p_m = 0 \\ W_{ckt} &= \frac{1 - E_t}{T - \sum_{t=1}^T E_t} \end{aligned} \right. \quad (4)$$

表1 城市发展评价指标体系

子系统	指标	单位	描述
环境质量	碳排放量	百万 t	碳排放量
	SO ₂ 排放量	t	工业 SO ₂ 排放量
	城市治理能力	%	生活垃圾无害化处理率
	绿色生态注意力	频次	关键词频次(发展理念、绿色生活、绿色生态、环境保护、协同发展与环境共治等)
经济规模	GDP	亿元	地区生产总值
	人均 GDP	万元	人均地区生产总值
	第二产业占比	%	第二产业增加值占地区生产总值比重
	第三产业占比	%	第三产业增加值占地区生产总值比重
	产业投资	亿元	全社会固定资产投资额
社会进步	城市化率	%	城市人口占总人口比重
	人口增速	%	人口自然增长率
	居民收入	万元	居民人均可支配收入
	就业水平	%	1-城镇登记失业率
	公共支出	亿元	一般公共预算支出额
科技创新	技术支持	项	专利申请授权数量
	科研支持	%	R&D 支出额占 GDP 比重
	基础设施支持	%	网络基础设施普及率

式中： S_{nt} 为第 t 个子系统中第 n 个数据的标准化形式； x_{nt} 为第 t 个子系统中第 n 个数据未标准化形式； X_t 为第 t 个子系统中的所有数据； E_t 为第 t 个子系统的信息熵； T 为子系统的个数。

1.1.2 城市发展耦合协调度和变化贡献分解模型

目前,耦合协调度模型被广泛用于多领域的协调性评估。该模型通过量化各个系统或指标之间的耦合关系和协调程度,以用来衡量良性交互过程^[31-32]。耦合协调度模型如式(5)所示。

$$\begin{cases} D = \sqrt{CU} \\ C = \sqrt{\frac{\prod_{k=1}^K U_k}{\left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K U_k\right)^K}} \\ U = \sum_{k=1}^K \omega_k U_k \end{cases} \quad (5)$$

式中： D 为子系统间的耦合协调度； C 为子系统间的耦合度； U_k 为子系统 k 的标准化得分； U 为集成评价指数； K 为子系统数量； ω_k 为子系统 k 的重要程度。其中,本文认为各子系统具有同等重要性,即子系统权重相同,并将耦合协调度划分为不同阶段(表 2)。

表 2 耦合协调度阶段划分标准

协调阶段	区域范围	含义
严重失调	[0,0.25)	子系统间不能进行协同工作,缺乏统一目标
轻微失调	[0.25,0.50)	子系统间较难进行协同工作,容易出现冲突问题
基本协调	[0.50,0.75)	子系统间需要进行一定的协调和合作,才能实现整个系统的目标
优质协调	[0.75,1)	子系统间能够很好地协同工作,实现整个系统的目标

为了揭示城市协调性发展变化过程中各子系统对协调度变化的贡献程度,利用 LMDI 模型对城市发展协调度模型进行分解,具体如式(6)所示。

$$\begin{cases} D^t - D^0 = \sum_{k=1}^K \Delta U_k^* \\ \Delta U_k^* = L(D^t - D^0) \ln \left(\frac{U_k^t}{U_k^0} \right)^{\frac{1}{2K}}, k = 1, 2, \dots, K \\ L(D^t - D^0) = \frac{D^t - D^0}{\ln \frac{D^t}{D^0}} \end{cases} \quad (6)$$

式中： D^t 和 D^0 分别为 t 年份和基期年份的耦合协调度； K 为最大系统个数； U_k^t 和 U_k^0 分别为 t 年份和基期年份的 k 系统的集成评价指数； ΔU_k^* 为 k 系统(环境质量、经济规模、社会进步、科技创新)对协调度变化的贡献程度。

1.2 研究区域与数据来源

本文聚焦京津冀城市群协同发展战略,选取北京、天津、石家庄、承德、张家口、秦皇岛、唐山、廊坊、保定、沧州、衡水、邢台和邯郸共 13 个城市作为研究对象。同时,基于数据的可得性和完整性,各指标的原始数据来源于《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省统计年鉴》《中国城市统计年鉴》、各地级市政府工作报告等。其中,2017 年及以前的碳排放数据来自 CEADs(中国碳核算数据库)中国县级尺度碳排放清单,2018—2022 年碳排放为作者根据城市能耗数据计算所得。本文涉及的经济数据均以 2015 年为基期进行平减,以更准确地反映经济活动的实际变化情况。

2 结果与讨论

2.1 城市发展集成评价分析

表 3 显示,2015—2022 年,城市发展水平的整体

表 3 2015—2022 年城市发展水平集成评价结果

城市	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	均值	增速/%
北京	0.67	0.70	0.73	0.78	0.81	0.83	0.84	0.86	0.77	3.56
天津	0.36	0.44	0.43	0.48	0.51	0.51	0.54	0.53	0.48	5.39
石家庄	0.27	0.30	0.34	0.36	0.38	0.39	0.41	0.42	0.36	6.37
承德	0.25	0.28	0.31	0.31	0.32	0.34	0.35	0.36	0.32	5.19
张家口	0.26	0.29	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.38	0.33	5.68
秦皇岛	0.30	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.41	0.36	4.35
唐山	0.20	0.26	0.28	0.30	0.33	0.35	0.36	0.37	0.31	8.79
廊坊	0.28	0.34	0.35	0.39	0.39	0.40	0.41	0.41	0.37	5.48
保定	0.24	0.26	0.29	0.31	0.31	0.32	0.36	0.37	0.31	6.09
沧州	0.26	0.28	0.30	0.33	0.34	0.34	0.35	0.33	0.32	3.59
衡水	0.28	0.30	0.32	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.33	4.26
邢台	0.24	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.31	0.33	0.29	4.30
邯郸	0.22	0.25	0.28	0.27	0.31	0.33	0.34	0.34	0.29	6.48
均值	0.30	0.33	0.35	0.37	0.39	0.40	0.42	0.42	0.37	5.14

均值为 0.37, 年均增长率为 5.14%, 意味着京津冀城市群的城市发展仍处于较低水平, 且未来具有较大的提升空间。同时, 在研究期间, 城市发展整体呈现出逐渐上升的发展趋势, 且各个城市的发展水平平均实现了不同程度的提升。具体而言, 城市发展水平排在前 5 位的城市为北京、天津、廊坊、秦皇岛和石家庄, 其中, 北京的城市发展水平稳步提升, 由 2015 年的 0.67 增至 2022 年的 0.86, 年均增长率达 3.56%。严格的污染控制、节能节水技术推广、绿色空间建设、资源循环利用和智慧城市建设等措施显著改善了北京的环境质量。同时, 作为经济领头羊, 北京的产业结构较为合理, 基础设施完善, 并依托公众福利和科技创新政策, 全面推动了其城市发展。相比之下, 城市发展增速排在前 5 位的城市为唐山、邯郸、石家庄、保定和张家口, 其中, 唐山的城市发展水平由 2015 年的 0.20 增长到 2022 年的 0.37, 年均增长率为 8.79%, 增幅居首位。然而, 其城市发展水平仍处于低位。作为重工业城市, 唐山的环境压力与资源消耗压力依然严峻, 高能耗、高污染产业集聚, 导致城市经济发展缺乏多元化的产业支撑, 进一步制约了其城市发展^[33]。此外, 京津冀城市群的城市发展水平呈现出显著的空间梯度差异特征。其中, 京津作为核心城市, 发展水平较高, 依托科技创新、金融服务和文化产业的优势, 以及经济资源的集中效应, 成为区域发展的引擎。在京津冀协同发展战略的推动下, 北京和天津的发展进一步加速, 并对廊坊等周边城市形成一定的辐射带动作用。相比之下, 河北省内城市多以重工业和制造业为主, 产业结构较为传统, 创新能力相对不足, 且由于资源分配和政策导向的限制, 远离京津的城市受益程度相对较小, 城市发展水平相对滞后。

此外, 各子系统对城市发展水平的贡献呈现出明显的区域差异(表 4)。具体而言, 在环境质量系统中, 北京及其周边城市(如张家口、承德、秦皇岛)的环境质量指标贡献度较高, 对城市发展的贡献均超过 0.2, 反映出这些城市在大气污染防治、绿色空间建设等生态治理方面取得了显著成效。在经济规模系统中, 北京和天津的经济贡献显著高于其他城市, 对城市发展的贡献均超过 0.1, 展现了两地在金融服务、财政支持、人才资源优势、对外交流与合作等领域的持续领先地位。在社会进步系统中, 北京和天津的贡献依然突出, 对城市发展贡献超过 0.1, 反映了两地在教育、医疗、文化等公共服务和居民生活质量等方面的较强的区域竞争力。在科技创新系统中, 北京和天津的科技创新贡献均超过 0.1, 对城市发展的贡献相对较高, 主要得益于科研

表 4 城市发展水平和子系统贡献度(均值)

城市	城市发展水平	环境质量	经济规模	社会进步	科技创新
北京	0.77	0.21	0.19	0.21	0.16
天津	0.48	0.14	0.13	0.11	0.10
石家庄	0.36	0.17	0.08	0.06	0.05
承德	0.32	0.23	0.03	0.03	0.03
张家口	0.33	0.22	0.04	0.04	0.03
秦皇岛	0.36	0.23	0.04	0.04	0.05
唐山	0.31	0.13	0.07	0.06	0.05
廊坊	0.37	0.19	0.06	0.07	0.05
保定	0.31	0.18	0.05	0.03	0.05
沧州	0.32	0.18	0.06	0.04	0.04
衡水	0.33	0.22	0.04	0.03	0.04
邢台	0.29	0.20	0.03	0.03	0.03
邯郸	0.29	0.17	0.05	0.04	0.03

人才和创新资源的集聚以及创新创业政策的支持。此外, 在研究期间, 环境质量系统对城市发展的贡献相对稳定, 且城市间差异较小; 经济规模系统对城市发展的贡献稳步提升, 区域差异明显; 社会进步系统对城市发展的贡献呈波动上升趋势, 且城市间存在明显的区域差异; 而科技创新系统对城市发展的贡献逐渐增加, 区域差异依然明显。总体而言, 京津在科技、经济及社会领域的优势对区域发展有较强引领作用, 但其他城市的进步仍需加强。

2.2 城市协调性与指标贡献度分析

城市发展水平的提升需要环境质量、经济规模、社会进步和科技创新等系统间实现协调发展, 且各指标间形成相互作用的良性循环。基于该考虑, 利用耦合协调度模型衡量各子系统间的协调发展程度, 以揭示城市协调发展的实际状态, 并发现潜在的发展短板和问题。2015—2022 年, 城市发展耦合协调度的均值由 0.45 增长为 0.60, 且各城市的城市发展协调程度均呈现逐渐上升的发展趋势。其中, 与京津地区相比, 河北省各城市的城市协调发展水平普遍偏低, 且区域差距依然明显(表 5)。

表 5 2015—2022 年城市发展耦合协调度

城市	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
北京	0.81	0.83	0.84	0.87	0.89	0.91	0.91	0.92
天津	0.60	0.66	0.65	0.69	0.71	0.71	0.74	0.72
石家庄	0.48	0.51	0.54	0.57	0.59	0.59	0.61	0.62
承德	0.32	0.38	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50
张家口	0.36	0.40	0.45	0.47	0.49	0.52	0.53	0.55
秦皇岛	0.44	0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.57
唐山	0.42	0.46	0.50	0.53	0.56	0.57	0.59	0.59
廊坊	0.46	0.50	0.53	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62
保定	0.40	0.43	0.46	0.49	0.50	0.51	0.54	0.55
沧州	0.39	0.44	0.46	0.51	0.53	0.53	0.54	0.53
衡水	0.37	0.40	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53
邢台	0.37	0.41	0.44	0.46	0.47	0.47	0.47	0.49
邯郸	0.37	0.41	0.45	0.46	0.50	0.51	0.53	0.54

对比来看,在2015年,北京城市发展的耦合协调度为0.81,已达到优质协调阶段,表明其环境质量、经济规模、社会进步和科技创新等子系统间协同作用良好,全面推动了城市发展。天津的城市发展达到基本协调阶段,表明其各子系统间尚需进一步协调配合,以提升城市发展水平。相比之下,其他城市的城市发展处于轻微失调阶段,子系统间的协调不足,且在城市发展的进程中较易出现冲突问题。首先,河北省各城市的产业结构相对单一,主要集中在重工业和资源型产业,在产业升级和结构转型等方面的进展相对缓慢^[34-35],进而导致经济规模系统与其他子系统间的协调程度较低。其次,大部分城市在环境生态建设方面的投入不足,叠加环保政策和污染治理力度的欠缺,进一步制约了环境质量与其他子系统的协调发展。再次,社会公共服务资源在河北省内分配不均衡,城市居民收入和生活质量差距较大,进一步影响了社会进步与其他子系统的协调性。最后,河北省的科技资源主要集中在石家庄、唐山等城市,且省内尚未形成较为完善有力的创新驱动机制,导致科技创新与其他子系统的协调效应未能充分发挥。这些因素共同制约了河北省城市发展的协调水平。

到2022年,得益于《纲要》的实施,京津冀城市群的城市发展协调程度均实现了快速提升,各子系统间的协同合作逐步增强。其中,除邢台外,河北

省其他城市均由轻微失调阶段提升到基本协调阶段。具体而言,在系统性的政策支持下,河北省推行了一系列严格的环保措施,关闭或改造了一批高污染、高耗能企业,并实施生态修复等环境治理计划,显著改善了环境质量。通过京津冀地区的产业链融合,河北省加速了传统产业转型和结构升级,突破了单一产业结构的限制,同时引入和培育了一批新兴产业,实现了产业间协同与分工优化。此外,京津两地的优质教育、医疗、基础设施建设等资源逐步向河北省流动,居民生活质量得到大幅度提升。同时,城市群内创新资源的流动和成果共享也推动了河北省整体科技水平的提升,为城市协调发展提供了有力支撑。

为了进一步识别子系统对城市协调发展变化的贡献情况,利用LMDI模型对2015—2022年城市发展耦合协调度的变化进行分解(图2)。在京津冀城市群整体层面,其耦合协调度在2015—2022年实现了33.76%的增长,主要由科技创新(19.80%)、经济规模(5.98%)和社会进步(5.25%)驱动,环境质量的贡献相对较小,仅为2.73%。对于北京市来说,其耦合协调度在2015—2022年实现了14%的增长,科技创新(7.71%)和经济规模(3.57%)是主要的驱动因素,而社会进步和环境质量的贡献相对较小,分别为2.04%和0.68%。对于天津市来说,其耦合协调度在2015—

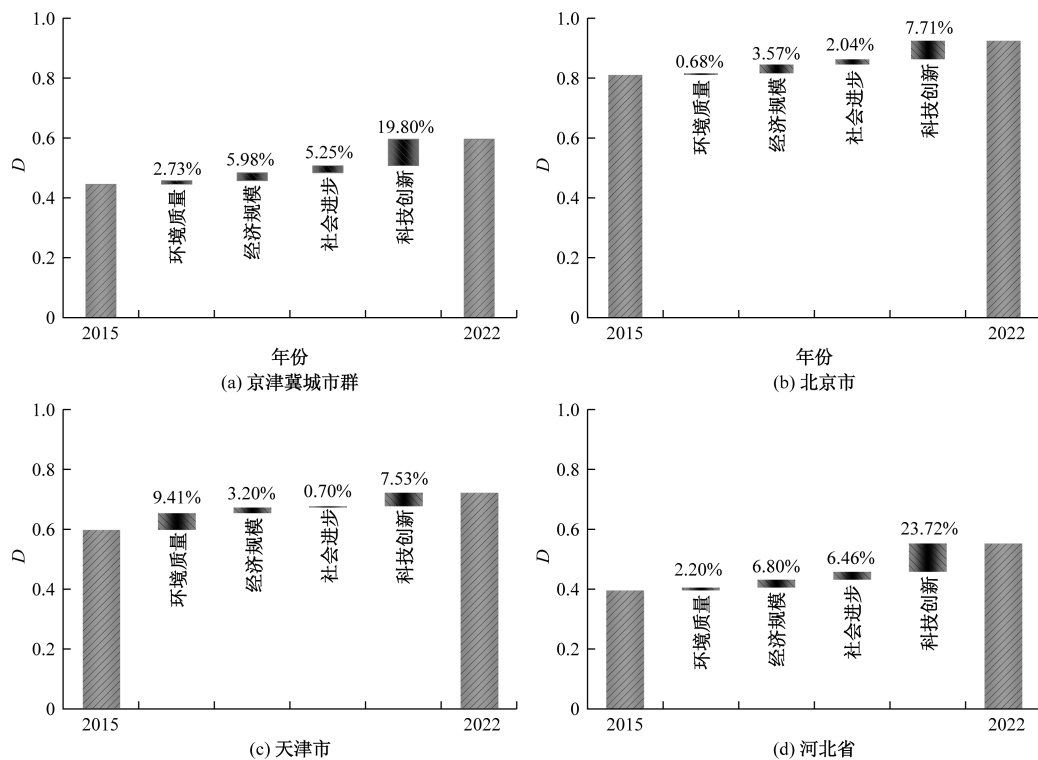


图2 2015—2022年城市发展水平各子系统的耦合协调度变化分解结果

2022年实现了20.84%的增长,其中环境质量(9.41%)和科技创新(7.53%)是协调度提升的主要贡献来源,而经济规模和社会进步的贡献相对较小,分别为3.20%和0.70%。相比之下,河北省的耦合协调度增幅显著,在2015—2022年实现了39.18%的增长,远高于北京和天津,且主要依靠科技创新(7.53%)、经济规模(6.80%)和社会进步(6.46%)的驱动,而环境质量的贡献相对较小,仅为2.20%。这反映出河北省在环境治理方面的起步相对较晚,且累积的环境污染问题在短期内难以全面改善。然而,随着政府环境规制和政策的持续推进,河北省的环境治理潜力有望在未来得到进一步释放。

3 结论与政策建议

本文聚焦京津冀城市群,通过构建集成评价体系对城市发展水平进行评价,并采用耦合协调度模型衡量了城市发展的协调发展程度,在此基础上利用LMDI模型量化识别了环境质量、经济规模、社会进步和科技创新等系统对城市协调发展变化的贡献度。主要结论如下。

(1)京津冀城市群的城市发展水平整体呈现逐步上升的趋势,但整体仍处于较低水平,未来提升空间较大。同时,城市发展水平呈现出显著的空间梯度特征,距离京津较远的城市发展相对落后,区域发展相对分化。

(2)研究期间,京津冀城市群的城市发展耦合协调度均值由0.45增长为0.60,呈现出整体稳步上升的趋势,但各个城市发展的协调程度差异依然显著。在城市发展协调性提升过程中,科技创新是协调发展变化的主要驱动因素(19.80%),而环境质量的贡献程度最低(2.73%),仍是制约京津冀城市群协调发展变化的主要驱动因素。

基于研究结论,提出以下促进城市协调发展的建议。

(1)制定和实施“核心城市辐射带动计划”,通过政策倾斜和资源配置,使北京和天津的经济和创新优势辐射至周边城市,进一步加强核心城市的辐射带动能力。

(2)加快推进跨区域基础设施的互通互联,缩短区域内城市之间的时空距离。

(3)重点支持河北省高新技术产业的发展,并引导京津两地的创新资源向周边城市倾斜。

(4)着重加强河北省各城市的社会民生投入力度,逐步缩小区域间的公共服务差距。

(5)聚焦环境治理领域,通过共建环境生态信

息共享平台,加强京津冀城市群的环保协作能力,同时推动绿色技术的研发和跨区域应用。

参考文献

- [1] LIAN W W, SUN X Y, XING W L, et al. Coordinated development and driving factor heterogeneity of different types of urban agglomeration carbon emissions in China [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30(12): 35034-35053.
- [2] 黄文超, 刘梦珂, 赵文蝶, 等. 京津冀地区城市经济发展与资源环境耦合研究[J]. *中国矿业*, 2023, 32(5): 16-22.
- [3] 李晨, 张可云. 京津冀协同发展战略研究进展与展望[J]. *河南社会科学*, 2024, 32(8): 70-79.
- [4] 赵弘. 以现代化首都都市圈建设引领京津冀协同发展实现新突破[J]. *城市问题*, 2024(2): 11-17.
- [5] DIAS F T, LEITE M E, FERNANDES E N, et al. Urban sustainability as a social function of the city: strategic correlation based on Brazilian legislation with the new urban agenda and sustainable development goals[J]. *Sustainable Development*, 2024, 32: 1279-1290.
- [6] TAN F F, GONG C Y, NIU Z Y, et al. An inquiry into urban carrying capacity of sustainable development demonstration belt of China: Multiscale evaluation and multidimensional interaction [J]. *Sustainable Development*, 2023, 31: 2892-2907.
- [7] ZHU H, GAO X, TIAN W Y, et al. Investigating the mechanisms of sustainable urban land renewal: a perspective of spatial development rights[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2024, 109: 105536.
- [8] 张跃胜, 李思蕊, 李朝鹏. 为城市发展定标: 城市高质量发展评价研究综述[J]. *管理学报*, 2021, 34(1): 27-42.
- [9] 张治栋, 江伟. 区域一体化能够促进城市高质量发展吗? 来自长三角一体化国家战略的准自然实验[J]. *云南财经大学学报*, 2024, 40(5): 16-34.
- [10] 卜伟, 刘珊珊, 李晨曦. 三大城市群经济高质量发展水平测度与比较[J]. *统计与决策*, 2024, 40(12): 103-107.
- [11] 陈红梅, 李建豹. 长三角城市群高质量发展对碳排放强度的空间溢出效应[J]. *生态经济*, 2024, 40(4): 77-86.
- [12] LI J L, ZHANG J J, BAI Y F, et al. Ecological and sustainable competitiveness: a comparative analysis of three urban agglomerations [J]. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2024, 22(11): 1939-1646.
- [13] 安树伟, 凡路. 京津冀城市群产业链分工格局、机制与发展方向[J]. *河北经贸大学学报*, 2024, 45(2): 57-65.
- [14] 刘秉镰, 边杨. 京津冀建设中国式现代化先行区、示范区的理论逻辑与路径选择[J]. *北京社会科学*, 2024(7): 21-33.
- [15] 刘媛媛, 杜伟航. 城市群绿色低碳发展中开放与创新的作用机制: 以京津冀区域为例[J]. *科技管理研究*, 2024, 44(8): 206-213.
- [16] 钟茂初, 赵天爽. 京津冀中心城市科技创新对城市群高

- 质量发展的影响[J]. 河北经贸大学学报, 2024, 45(3): 53-63.
- [17] SUN J, ZHAI N N, MU H R, et al. Assessment of urban resilience and subsystem coupling coordination in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2024, 100: 105058.
- [18] 李治国, 李兆哲, 高玮浓. 黄河流域城市群能源-经济-环境-科技耦合协调水平评价[J]. *统计与决策*, 2023, 39(18): 88-91.
- [19] WANG Y, MIAO Z Y, LU Y Q, et al. The impact of economic development on urban livability: evidence from 40 large and medium-sized cities of china[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2023, 33(9): 1767-1790.
- [20] 胡剑波, 周宗康. “双碳”目标下京津冀城市群碳强度与经济高质量发展协同研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2024, 40(4): 116-123.
- [21] 韩冬. 京津冀城市群协调发展与碳排放耦合协调度的时空演进[J]. *统计与决策*, 2024, 40(13): 124-129.
- [22] 叶思雨, 李业锦, 仝昭媛. 泛京津冀城市群数字经济-绿色发展-产业转型升级的耦合协调研究[J]. *现代工业经济和信息化*, 2024, 14(6): 28-33.
- [23] LU C, HONG W X, WANG Y T, et al. Study on the coupling coordination of urban infrastructure and population in the perspective of urban integration [J]. *Ieee Access*, 2021, 9: 124070-124086.
- [24] 尚艳春. 区域协调发展视角下城市群人口-经济耦合研究[J]. *经济纵横*, 2023(7): 119-128.
- [25] 于立, 曹曦东. 城市环境治理理论研究及对中国城市发展适用性的思考[J]. *城市发展研究*, 2019, 26(4): 110-116.
- [26] 范凤岩, 任晓娟, 柳群义. 我国钢铁行业资源-环境-经济系统耦合协调分析[J]. *中国矿业*, 2020, 29(9): 1-8.
- [27] WANG J, ZHAO M, ZHONG W, et al. Coupling relationship of urban development and the eco-environment in Guanzhong Region, China[J]. *Sustainability*, 2022, 14(5): 2969.
- [28] CUI Y, SUN Y. Social benefit of urban infrastructure: an empirical analysis of four Chinese autonomous municipalities[J]. *Utilities Policy*, 2019, 58: 16-26.
- [29] 曾鹏, 黄晶秋. 创新型城市建设与发展的机制与路径[J]. *云南师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2022, 54(4): 52-61.
- [30] 连文威, 孙晓艳, 段红梅. 科技创新对区域碳排放的影响: 基于面板分位数和中介效应模型的实证分析[J]. *中国矿业*, 2023, 32(11): 20-33.
- [31] LIAN W W, WANG B Y, GAO T M, et al. Coordinated development of renewable energy: empirical evidence from china[J]. *Sustainability*, 2022, 14(18): 11122.
- [32] 王搏. 基于耦合模型的我国区域经济与生态环境协调发展动态研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2024.
- [33] 陈宏胜, 王兴平, 陈浩, 等. 区域协同发展进程中“配角城市”的“发展困境”探讨: 以唐山为例[J]. *城市发展研究*, 2015, 22(7): 24-30.
- [34] 丁颖辉, 张双金. 河北省产业协同降碳与降碳潜力分析[J]. *环境科学与技术*, 2024, 47(1): 201-213.
- [35] 张清喜, 葛京凤, 董丽, 等. 京津冀地区碳排放与土地集约利用关系演变及其影响因素分析[J]. *中国矿业*, 2022, 31(9): 53-60.

Coordinated Development Analysis of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration Based on Multi-factor Integrated Evaluation

SUN Xiaoyan¹, WANG Junxia¹, ZHAO Xin¹, ZHANG Yanhui¹, LIAN Wenwei¹, DUAN Hongmei²

(1. School of Economics and Law, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Chinese Academy of International Trade and Economic Cooperation, Beijing 100710, China)

Abstract: Based on data from 13 cities in the Beijing-Tianjin-Hebei Region from 2015 to 2022, an integrated evaluation system was constructed to assess urban development comprehensively across subsystems such as environmental quality, economic scale, social progress, and scientific and technological innovation. The coupling coordination degree model was then employed to measure the coordination of urban development, while the LMDI (logarithmic mean Didier index) model is used to quantitatively assess the contributions of these subsystems to overall coordination. The research results indicate that from 2015 to 2022, the overall development level of the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration has shown a steady upward trend, reflecting continued progress in economic, social, and technological aspects across cities in the region. However, significant spatial gradients persist in the development levels among these cities. Core cities like Beijing and Tianjin maintain a leading position in overall development, while cities farther from the core area lag behind, leading to a relatively differentiated development landscape within the region. In addition, the degree of coordination of urban development has improved, but the differences in the coordination of development among various cities are still significant. Among them, scientific and technological innovation is the main driving force for the coordinated development and changes of the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration, while environmental quality is still a key bottleneck restricting coordinated development and has the lowest contribution to coordinated development and changes. Finally, recommendations for optimizing the coordinated development of cities are proposed, including enhancing the radiative influence of core cities, promoting cross-regional interconnectivity, prioritizing innovation resource allocation, and strengthening cooperation in environmental protection and governance.

Keywords: urban development; indicator system; coordination; factor decomposition; Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration