# 京津冀城市群生态效率测定及提升策略研究[[1]](#footnote-0)

梁一灿1,孙钰1,2,姜俊杰1

(1.天津商业大学公共管理学院，天津 300134；2.天津大学管理与经济学部，天津 300072）

**摘 要** 基于2009—2019年京津冀13个城市的面板数据，构建超效率SBM模型对其生态效率进行测度，在此基础上借助无效率分解和系统广义矩估计方法探寻其生态效率内部增长潜力及外部影响因素。研究发现：⑴样本考察期内京津冀城市群生态效率整体一般，并且存在继续降低的趋势，有待进一步提升；⑵非期望产出冗余是阻碍生态效率进步的主要原因，通过节能减排来提高生态效率的潜力较大；⑶经济发展、产业结构、城市化、科技进步等要素对其生态效率存在不同方向和程度的影响。最后在分析研判的基础上给出京津冀城市群联合防治、节能减排和科技创新驱动的针对性策略建议。

**关键词** 生态效率；超效率SBM模型；无效率分解；影响因素；京津冀

**中图分类号：**X321;F062.2 **文献标识码：**A **文章编号：**

# **引言**

随着中国城市化进程迈入崭新阶段，京津冀城市群峥嵘已现，成为国家高质量发展的第三增长极。尽管2020年9月10日发布的《京津冀蓝皮书：京津冀发展报告(2020)》①明确肯定了京津冀三地生态方面的长足进步，然而，与长三角和珠三角两大城市群相比，该区域在生态环境建设（尤其是生态效率）方面尚存在较为突出的短板与弱项，以资源短缺、空气质量差和生态不宜居为代表，如表1所示。这些不利因素严重制约了京津冀城市群生态效率的提升，同时，该区域经济发展情况、产业结构、环境管理水平等方面存在较大差异，各城市实现经济与生态环境间协同发展的难度升级，对打破生态壁垒了带来严峻挑战。可见，继续加强生态保护治理、不断提升生态效率已成为京津冀城市群可持续发展的必然选择。

表1 2019年中国三大城市群资源环境数据对比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 资源环境 | 京津冀城市群 | 长三角城市群 | 珠三角城市群 |
| 资源 | 人均水资源量② | 315.59m3/人 | 3593.12m3/人 | 1723.5m3/人 |
| 空气质量 | 城市优良天数比例 | 53.1% | 76.5% | 89.7% |
| 空气质量较差的城市比例 | 38.5% | 0 | 0 |
| 生态宜居 | 水土流失面积占土地总面积的比例 | 20.32% | 19.18% | 18.31% |
| 湿地面积 | 1296300hm2 | 5337300hm2 | 1753333hm2 |
| 森林蓄积量 | 5860.37万m3 | 1687100万m3 | 57900万m3 |

注：根据2019年《中国水资源公报》、《中国生态环境状况公报》、《中国水土保持公报》相关数据整理计算而成

结合MA等学者的研究，生态效率应该同时考虑经济、资源和环境利益，因此，本文将生态效率定义为以最小资源环境代价换取最大经济效益回报的投入与产出的对应关系。2018年11月印发的《关于建立更加有效的区域协调发展新机制的意见》中明确提出以北京、天津为中心，加快形成绿色协调、共享共赢的区域协调发展新机制，以此带动京津冀城市群发展；2020年12月7日举行的京津冀协同发展专场会上提出了“在即将到来的‘十四五’，京津冀已然成为辅车相依的利益共同体和休戚相关的生态命运共同体。通过对其生态效率进行测定并探究无效率来源和影响因素，为提升京津冀城市群生态效率提供对策建议。

# 一、文献综述

Schaltegger和Sturm[2]率先提出“生态效率”这一概念，主要是指增加的价值与增加的环境影响这两者之间的比值，后来便得以推广和应用。目前，大部分学者探索出了一系列的研究方法对生态效率进行测度，主要涵盖：单一比值法、指标体系法、物质流分析法、生态足迹法、随机前沿法、能值分析法和数据包络分析法等。在京津冀协同发展战略进一步得到强化和巩固的同时，学者们关注的重点日益向生态环境保护和经济高质量发展方面倾斜。如刘阳和秦曼(2019)基于2006—2015年的相关数据，采用三阶段DEA方法，综合得出京津冀城市群等四大沿海城市群绿色效率总体提升但波动较大的时空特征，并从技术、城市化和产业结构三方面提出优化策略；胡彪和孙雪(2020)借助非期望产出SBM和Malmquist指数模型对中国三大城市群（包括京津冀城市群）48个城市的生态经济效率进行测算后发现，其生态经济效率呈现逐步上升但发展缓慢的状态；袁世一、尚海潮等(2020)[19]在构建京津冀地区生态效率指标体系时，选择依托Shapley值进行变量选择，然后运用博弈交叉效率对各城市生态效率进行实证演算，接着运用Tobit回归模型剖析其经济、产业结构、科技，对外开放等方面的影响因素并得出相应的结论，未来需优化产业结构、提高对外开放水平、加大科技投入力度。

尽管学者们围绕京津冀城市群生态效率测度进行了大量有益探索，但在研究区域、研究方法等方面仍待进一步拓展：⑴已有成果多为该城市群整体层面或与中国其他城市群横向对比的相关研究，基于城市群内每个城市的分析相对匮乏；⑵目前对京津冀生态无效率进行分解、识别来源并探索内在增长潜力的研究鲜见文端；⑶普通面板回归模型多聚焦于影响因素的静态分析，可能忽视研究中生态效率与经济发展水平、对外开放等要素之间存在的遗漏变量及内生性问题。鉴于此，本文将研究目标聚焦至京津冀城市群，构建基于非期望产出的超效率SBM模型用以完成其生态效率测度，并借助无效率分解方法对无效率来源分解识别后，挖掘其内在增长潜力，最后利用系统广义矩估计(SYS-GMM)方法分析其外部影响因素，进而探寻切实可行的生态效率提升策略。

# 二、京津冀生态效率评价指标体系构建

## （一）研究区域

京津冀地处华北平原北部，涵盖北京、天津两市以及河北省的11个行政单位③，地区生产总值在2020年达到86000亿元，在全国所占的比重为8.5%④，是北方经济规模最大、最具活力和影响力的地区。然而，占全国2.25%地域面积的京津冀城市群却养活着占全国8.07%的人口⑤，如何在新型城市化快速推进的过程中尽快寻求生态突破口，就成为摆脱其人地矛盾突出、资源环境承载力低下生态困境的一把“钥匙”。

## （二）生态效率评价指标体系的构建

京津冀生态环境质量的改善事关其生态文明建设，是落实新发展理念、实现“绿色美”的重要举措。本文依据生态效率的性质，借鉴现有文献[20-26]中关于生态效率评价的相关指标，同时参考《关于构建现代环境治理体系的指导意见》《绿色发展指标体系》、世界可持续发展工商业委员会(WBCSD)给出的区域环境指标，遵循评价指标构建的原则，在充分考虑京津冀区域的实际情况下，本文拟选择资本、土地、劳动力和能源在内的投入指标，地区国民生产总值为期望产出指标，以及以废气、废水排放等对环境的负面影响为非期望产出指标的京津冀城市群生态效率指标体系。

其中，投入指标包括固定资产投资总额、城市建设用地面积、每万人水利环境设施管理从业人员人数、城市供水总量、全社会用电量和地区单位GDP能耗6个指标；在产出指标上，选取期望产出和非期望产出。期望产出方面，地区生产总值可以从经济效益角度反映生态效率情况，且已有研究多采用GDP进行衡量，故将其作为期望产出指标；非期望产出主要以废气废水为代表，主要包括工业烟（粉）尘排放量、工业二氧化硫排放量和工业废水排放量3个指标（见表2）。

表2 京津冀城市群生态效率指标体系

|  |  |
| --- | --- |
|  一级指标 | 二级指标/单位 |
| 投入 | 资本投入 | 固定资产投资总额/亿元 |
| 土地投入 | 城市建设用地面积/km2 |
| 劳动力投入 | 每万人水利、环境设施管理从业人员人数/人 |
| 能源投入 | 供水消耗 | 城市供水总量/万m3 |
| 用电消耗 | 全社会用电量/万kw·h |
| 煤气消耗 | 地区单位GDP能耗（tce/万元） |
| 期望产出 | 经济增长 | 地区国民生产总值/亿元 |
| 非期望产出 | 废气排放 | 工业烟（粉）尘排放量/t |
| 工业二氧化硫排放量/t |
| 废水排放 | 工业废水排放量/t |

# 三、研究方法与数据来源

## （一）研究方法

### 1.基于非期望产出的超效率SBM模型 数据包络分析法(DEA)是主要通过规划求解的形式测度决策单元(DMU)效率的、被频繁使用的一种非参数方法，本文借鉴Tone的研究，采用扩展的DEA模型，构建非径向、非角度的超效率SBM模型来测度京津冀生态效率，致力于客观评价该地区经济发展、城市治理与生态环境方面的综合状况。与传统的DEA模型相比，该模型将松弛变量纳入目标函数，不仅能够有效处理非期望产出，还能同时评价比较多个生产前沿面DMU之间的效率高低，使效率结果更加准确。假设有N个DMU，每个DMU对应A种投入、B种期望产出、K种非期望产出，将模型构建为：

 ⑴

其中，表示DMU的线性组合系数，为第个决策单元投入产出数据的真实值，分别为投入、期望产出和非期望产出的松弛值。为城市生态效率值，当时，说明被评价DMU是有效率的；当时，说明被评价DMU存在效率改进空间，可以通过优化投入产出配置提高城市生态效率。

再借鉴刘瑞翔、安同良[33]的做法，对生态无效率值进行计算，具体公式为：

 ⑵

为进一步得到其具体来源，将投入、期望产出、非期望产出的无效率值公式分别表示为：⑶；⑷；⑸。由于投入包括资本(*capital*)、土地(*land*)、劳动力(*labour*)、能源(*energy*)，期望产出包括地区生产总值(*GDP*)，非期望产出包括废气(*air*)和废水(*water*)排放量，因此可进一步分解生态无效率的详细信息，即：

 ⑹

2.系统广义矩估计(SYS-GMM)方法 采用系统广义矩估计(SYS-GMM)方法能够修正未观察到的异方差问题、遗漏变量偏差和潜在的内生性问题，同时加入工具变量解决面板数据序列相关的问题。构造SYS-GMM动态面板回归模型，将被解释变量的滞后项作为解释变量引入其中，使得模型具有动态解释能力。公式如下：

⑺

其中，和分别代表京津冀各市生态环境与时期。为市生态在第期的效率值，为滞后一期生态效率值，为常数项，为估计系数，为随机扰动项。对ECOL、PGDP和PD变量取对数以消除异方差带来的影响。

## （二）数据来源

选取京津冀13个城市2009—2019年十年间的数据，对其生态效率进行实证分析。原始统计数据主要来自于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》《河北经济年鉴》、各城市统计年鉴等，部分指标数据由作者计算整理得到。无法收集的缺失数据，用插值法（计算缺失数据前后两年的均值）予以补齐，力求数据的完整性与准确性。

# 四、研究结果及分析

## （一）京津冀城市群生态效率值

运行DEA-SOLVER Pro5.0软件，测算出如表3所示的2009—2019年京津冀城市群13个城市的生态效率评价值。

表3 2009—2019年京津冀城市群生态效率测算值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 按城市排名 |
| 北京 | 0.6600  | 0.7270  | 0.8234  | 0.8485  | 0.8505  | 1.0522  | 1.0708  | 1.1089  | 1.1392  | 1.1392  | 1.1973  | 2 |
| 天津 | 0.7570  | 0.8020  | 0.8106  | 0.8769  | 0.9043  | 1.0032  | 1.0054  | 1.0073  | 1.0155  | 1.0668  | 1.1123  | 4 |
| 石家庄 | 0.0380  | 0.0359  | 0.4481  | 1.0561  | 1.0039  | 1.0887  | 1.0057  | 0.2388  | 0.1123  | 0.1003  | 0.1162  | 10 |
| 承德 | 0.1805  | 0.1487  | 0.1941  | 0.1253  | 0.1354  | 0.2420  | 0.1685  | 0.1626  | 0.1151  | 0.0823  | 0.0598  | 13 |
| 张家口 | 1.0034  | 0.0734  | 0.1045  | 0.0680  | 0.0981 | 0.1253  | 0.0888  | 0.0657  | 0.0600  | 0.0454  | 0.0350  | 12 |
| 秦皇岛 | 0.1914  | 0.0583  | 0.2645  | 0.1958  | 0.1683  | 0.9976  | 1.4943  | 0.0760  | 0.9969  | 0.9959  | 0.9973  | 8 |
| 唐山 | 1.0011  | 0.2433  | 1.0631  | 1.0435  | 1.0263  | 1.0161  | 0.9418  | 1.0013  | 1.0130  | 0.9010  | 1.0028  | 5 |
| 廊坊 | 0.9991  | 0.9989  | 0.2035  | 1.0073  | 0.1723  | 0.6417  | 1.0193  | 1.0443  | 0.9999  | 0.9998  | 1.0290  | 6 |
| 保定 | 0.1845  | 1.1082  | 1.0068  | 1.0312  | 0.4467  | 1.0469  | 1.0108  | 0.9995  | 0.9966  | 0.2066  | 0.9998  | 7 |
| 沧州 | 1.1506  | 0.9998  | 1.0945  | 1.0368  | 1.0055  | 1.0442  | 1.0260  | 1.0245  | 1.0195  | 1.0057  | 0.7795  | 1 |
| 衡水 | 1.2367  | 1.0563  | 1.0387  | 0.9997  | 1.0721  | 1.0154  | 0.9998  | 0.9994  | 0.9942  | 0.9918  | 0.1067  | 3 |
| 邢台 | 0.3332  | 0.2489  | 1.0566  | 1.0337  | 0.8349  | 1.0535  | 0.8703  | 0.3163  | 0.1990  | 0.1653  | 0.1370  | 9 |
| 邯郸 | 0.1452  | 0.2021  | 1.0017  | 1.0082  | 0.3503  | 0.4118  | 0.2853  | 0.1549  | 0.1104  | 0.0829  | 0.0752  | 11 |
| 按年份排名 | 8 | 11 | 4 | 3 | 7 | 2 | 1 | 6 | 5 | 9 | 10 | - |

注：软件测算后经过整理而成。

1.效率测算 2009—2019年京津冀城市群生态效率均值如下图所示。结果表明，京津冀城市群生态效率总体一般，在0.5—0.85之间波动并且起伏较大、发展不稳定。以2014年生态效率为分界线，大致可分为两个阶段：一是2009—2014年生态效率剧烈波动阶段。该阶段的趋势线整体上呈现降—升—降—升的左偏“W型”结构，但自2013年起，到2015年逐步实现稳步上升；二是2014—2019年生态效率曲折下降阶段。2015年该城市群生态效率出现最大值，而后开始直线下降，尽管在2016—2017年出现了小的拐点，但整体上仍然处于走低趋势。

图1 2009—2019年京津冀城市群生态效率均值分布

（注：根据表3生态效率测算结果整理计算而成）

2.城市差异分析 通过对京津冀13个城市生态效率均值进行排序，得出各城市生态效率的等级情况，如图2所示。借鉴崔叶辰、韩亚丽等[16]的研究，将生态效率分组设为：处于区间[1,+∞)为高效率组，处于区间[0.8,1)为中效率组，处于区间(0,0.8)为低效率组，据此，京津冀生态高效率城市为沧州，中效率城市为北京、衡水、天津、唐山、廊坊、保定，低效率城市为秦皇岛、邢台、石家庄、邯郸、张家口、承德。由图表可知，就城市个体而言，绝大多数生态效率中等偏低，仅有一市为高效率，且城市差距悬殊，第一位约为最后一位的7倍；就区域而言，京津冀城市群生态效率呈现出“中间高两端低”的特征，即中部发达地区（环京津一带）高于南北部偏远地区。

图2 京津冀各城市生态效率均值排名

（注：根据表3生态效率测算结果整理计算而成）

## （二）生态无效率分析

1.生态无效率分解 结合前文的生态无效率分解公式，本文测算出2009—2019年京津冀各城市生态无效率值和整体均值，并对其相关来源进行分解。由表4可知，与期望产出相关的无效率值均为零⑥，这表明在京津冀地区经济发展过程中，期望产出不足不是导致生态无效率的主要症结。整体上，投入要素利用效率低下会对该区域生态文明建设造成不利影响，均值为0.042。其中，土地利用不当造成的无效率均值最低，为0.002，而生态无效率的最大“祸源”来自于能源投入不合理，均值为0.025，资本和劳动无效率均值相近，分别为0.006和0.007。与投入和期望产出相比，由非期望产出带来的生态无效率相对较高(0.120)，产生的消极影响最大，占生态无效率总量的74.07%；进一步分解来看，由排放废气带来的无效率要高于废水无效率，均值分别为0.078和0.042。值得一提的是，能源效率低下和污染排放导致的生态无效率均值合计为0.145，约占生态无效率总量的90%，这说明节能减排对于京津冀城市群生态保护和高质量发展具有不同凡响的意义，需密切关注和高度重视。

表4 2009—2019年京津冀城市群生态无效率值及来源分解

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 总量 | 投入 | 期望产出 | 非期望产出 |
| 总体 | 资本 | 土地 | 劳动 | 能源 | 总体 | 废气 | 废水 |
| 北京 | 0.172 | 0.032 | 0.002 | 0.011 | 0.004 | 0.015 | 0 | 0.140 | 0.140 | 0.000 |
| 天津 | 0.093 | 0.024 | 0.003 | 0.004 | 0.008 | 0.009 | 0 | 0.069 | 0.069 | 0.000 |
| 石家庄 | 0.090 | 0.043 | 0.014 | 0.004 | 0.004 | 0.021 | 0 | 0.047 | 0.038 | 0.009 |
| 承德 | 0.531 | 0.076 | 0.014 | 0.000 | 0.014 | 0.048 | 0 | 0.455 | 0.133 | 0.322 |
| 张家口 | 0.280 | 0.052 | 0.018 | 0.000 | 0.024 | 0.010 | 0 | 0.228 | 0.143 | 0.085 |
| 秦皇岛 | 0.243 | 0.032 | 0.000 | 0.004 | 0.006 | 0.022 | 0 | 0.211 | 0.119 | 0.019 |
| 唐山 | 0.046 | 0.009 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.006 | 0 | 0.037 | 0.035 | 0.002 |
| 廊坊 | 0.023 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0 | 0.022 | 0.015 | 0.007 |
| 保定 | 0.085 | 0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0.082 | 0.075 | 0.007 |
| 沧州 | 0.019 | 0.012 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.008 | 0 | 0.007 | 0.004 | 0.003 |
| 衡水 | 0.079 | 0.010 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0 | 0.069 | 0.068 | 0.001 |
| 邢台 | 0.253 | 0.138 | 0.007 | 0.008 | 0.012 | 0.111 | 0 | 0.115 | 0.094 | 0.021 |
| 邯郸 | 0.259 | 0.108 | 0.021 | 0.002 | 0.013 | 0.072 | 0 | 0.151 | 0.079 | 0.072 |
| 城市群整体均值 | 0.162 | 0.042 | 0.006 | 0.002 | 0.007 | 0.025 | 0 | 0.120 | 0.078 | 0.042 |

注：由2009—2019年京津冀生态效率松弛值与投入产出的真实数据计算整理而成

就各城市而言，其生态无效率值的结果与前文城市生态效率的分类结果基本一致，生态效率高的城市无效率值低，如沧州(0.019)。作为京津冀一小时经济圈的重要成员，沧州统筹抓好经济发展和生态环保工作，尤其在节能减排方面，中节能和沧州炼化等部分市区内的重点生产单位科学谋划技术改造，提高污染治理水平，提升污染物减排空间，因此由非期望产出带来的生态无效率值为13市中最小(0.007)；反之，生态效率较低的城市无效率值较高，如排名在13市后两位的张家口(0.280)和承德(0.531)，它们由非期望产出带来的生态无效率值相对较高。此外，远离京津的秦皇岛、邢台、邯郸等市非期望产出导致的环境污染对生态效率的消极影响要明显大于京津附近的唐山、廊坊、保定、石家庄等市。综上所述，非期望产出冗余是各城市生态无效率的主要来源，并且京津冀南北部地区生态无效率带来的负面效应要大于以京津为核心的中部地区。

2.内在增长潜力驱动 由上述分析可知，资本、土地、劳动、能源、废气和废水均存在一定程度的无效率现象，这意味着可以从投入和非期望产出视角挖掘京津冀城市群生态效率的内在增长潜力。就整体区域而言，由能源、废气和废水导致的无效率相对较高，因此生态效率的整体提升潜力主要在于提高能源利用效率和降低“两废”排放率。具体到各城市而言，与废气、废水、能源相关的无效率大多排在前三，这表明节能减排是各城市生态效率提升的主要内在潜力；此外，各城市与土地相关的无效率最低，与资本相关的无效率也基本维持在较低水平，与劳动相关的无效率稍高一些，这说明可以通过提高劳动的利用效率来挖掘城市群生态效率增长潜力。

## （三）外在影响因素实证分析

1.变量选取 外部影响因素多与经济发展、科技进步等因素相关。借鉴李琼[34]、孙伟[35]、罗能生[36]等人的成果，本文选取经济发展、产业结构、人口发展、城市化率、对外开放程度、科技进步6个层面的指标，如表5所示。

表5 京津冀各市生态效率外部影响因素

|  |  |
| --- | --- |
| 解释变量 | 具体指标 |
| 经济发展(PGDP) | 人均GDP（元/人） |
| 产业结构(IND) | 第二产业增加值占地区GDP的比重% |
| 人口发展(PD) | 人口密度（人/km2） |
| 城市化率(URB) | 城镇人口占总人口比重% |
| 对外开放程度(FDI) | 当年实际使用的外资金额占城镇从业总人数的比重% |
| 科技进步(SCI) | 科学研究、技术服务和地质勘查业从业人数占城镇从业总人数的比重% |

2.实证检验 通过SYS-GMM模型进行估计时，需要检验原模型的序列相关性以确定扰动项无自相关且差分滞后的变量与个体效应无关，也需要进行工具变量的过度识别检验以确定工具变量是否有效。采用AR检验、Sargan检验和Hansen检验，结果见表6所列。AR(1)检验p值小于0.1，说明扰动项差分一阶自相关；AR(2)检验p值大于0.05，说明扰动项差分二阶不相关；Sargan检验的p值大于0.1，不拒绝原假设，异方差稳健的Hansen检验p值大于0.1，这两个检验均表明工具变量有效。综上检验结果说明该模型有效。

表6 AR检验和Sargan检验结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 变量 | 检验值 | Prob＞z |
| AR(1)检验 | 0.0310 | 0.0753 |
| AR(2)检验 | 0.1211 | 0.9036 |
| Sargan检验 | 3.8528 | 1.0000 |
| Hansen检验 | 0.7900 | 0.6200 |

以被解释变量的一阶滞后项为工具变量，借助stata16，利用SYS-GMM动态面板模型对京津冀13市生态效率的影响因素进行回归分析，结果如表7所示。

表7 两步SYS-GMM回归估计结果

|  |  |
| --- | --- |
| 变量 | 生态效率 |
| 估计系数 | z统计量 |
| lnPGDP | 2.2682\*\*\* | 0.59 |
| IND | -0.0882\*\*\* | -1.89 |
| lnPD | -2.1963\*\*\* | -0.69 |
| URB | 0.0731\*\* | 0.06 |
| FDI | 0.0115\*\* | 0.02 |
| SCI | 0.6567\*\*\* | 0.29 |
| \_cons | 2.5097\*\*\* | 0.42 |

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在0.1、0.05与0.1的显著性水平下通过检验

3.结果分析 从SYS-GMM估计系数看，两阶段滞后期生态效率对当期效率产生显著的正向影响，表明生态效率提升是一个长期积累的过程；在选取的6个影响因素中，各因素对生态效率均通过了显著性检验，产生了不同程度的影响。其中，经济发展对生态效率的影响最为显著，产生了正面的推动作用；科技进步是提升生态效率的“利刃”。科技园区、协同创新展示中心等科研机构在京津冀城市群“遍地开花”，人工智能自主研发技术和绿色清洁技术不断更新和完善，为该区域生态环境建设做出了贡献，促进生态效率提高；城市化率提高使城市居民的生活水平及环保理念不断升级，对绿色建筑、绿色产业、绿色城市规划的要求不断提高，带动城市生态环境建设逐步加强，对生态效率产生正向影响；对外开放程度也对生态效率产生正向效应，天津、唐山、沧州等海运发达，有利于吸引外商投资，引进先进的技术及管理经验，提高管理效率。然而，人口发展对生态效率具有明显的阻滞作用，人口密度大有可能带来水、土地等资源的大量消耗，加剧大气污染和环境恶化，增加治理的成本和难度；此外，产业结构不合理也是制约京津冀城市群生态效率提升的重要因素，应积极推动产业结构实现“以退为进、重三轻二”的优化升级，真正做到产业高效化、集约化、清洁化，促进经济发展和生态环境的协调发展。

# 五、结语

## （一）研究结论

根据前文的研究，得出如下结论：

1.京津冀城市群生态效率总体一般，并且在波动中趋于走低态势。其中，仅有沧州一市为高生态效率，这与该城市良好的环境基础、持续强化环保措施和严格完善环保机制等密不可分。其余城市均在中等效率以下，尽管京津等地经济发达、资源丰富，但其与消耗大、浪费多相伴而生，加之较大的人口密度意味着生产需要更多能源资源的投入，因此生态效率短期内很难实现大幅提升；2.从生态无效率分解结果看，非期望产出冗余是阻碍生态效率提升的主要原因，与能源相关的无效率较高，表明可以采取节能降耗的方式挖掘增长潜力；3.在外部影响因素方面，经济发展和科技进步对其生态效率的正面影响最为显著，城市化率和对外开放程度对生态效率也有积极的推动作用，反之，人口密度和产业结构对具有负面的阻滞作用。

## （二）对策建议

前文生态效率演进态势、无效率分解及影响因素的分析结果表明，积极采取措施提升京津冀生态效率极为紧迫，应致力于以联合防治改善区域生态失调面貌、以节能减排助推区域生态效率进步、以科技创新驱动区域生态环境建设。

1.以联合防治改善区域生态失调面貌 面对京津冀城市群整体生态效率偏低的现状，应探寻三地生态联合防治的协同建设保障机制。其一，打破“一亩三分地”的思维定式，统一京津冀生态环境规划，制定统一的环境污染排放标准和统一的区域生态环境监测网络，建立跨区跨界联合执法。其二，空气污染是京津冀目前最为突出和首要解决的问题，因此，应积极推动大气污染联防联控。应大力推进清洁取暖散煤替代工程，强化秸秆焚烧监管力度，严防“散乱污”企业反弹，依法取缔燃煤锅炉和炉窑，真正落实对各种污染物排放的严格控制，全面完成打赢蓝天保卫战重点任务。

2.以节能减排助推区域生态效率进步 根据由能源投入、非期望产出带来的生态无效率值较高的结果以及产业结构偏重对生态效率的负面影响，该区域应坚持不懈推进节能减排，并将完善产业结构作为提升生态效率的落脚点。其一，加快新旧动能转换，推动产业结构优化升级。河北作为京津冀协同发展的重要一极，承接了来自京津的大量产业，是京津冀区域建设的短板所在，应转换增长动力、加快发展新兴产业；调整和优化工业结构，运用新科技手段等先进技术改造传统工业，推动业务流程、组织结构和价值链升级，致力于形成更加绿色化、循环化、低碳化的生产方式。其二，加大环保执法监管力度。针对企业各种违规行为，加大处罚力度；同时加快推进节能环保数据的开发，鼓励各地区各部门依托大数据、云计算、物联网等信息化手段，探索实行“互联网＋监管”等新模式，努力构建“制度＋技术”的有效监管体系。

3.以科技创新驱动区域生态环境建设 基于经济发展和科技进步对生态效率的正向作用，京津冀城市群应充分发挥这一优势，使科技成果转化为实现经济高质量发展的重要保障，以反哺经济和生态环境的协调发展。一是要坚持创新驱动发展。加快国家创新示范区建设，集中力量解决大气污染治理、清洁能源等区域重点关注的难题，推动高质量发展；二是要整合区域资源谋求创新突破。集聚高端创新要素，促进科技创新资源和成果开放共享，加强科技人才培养与交流，为京津冀生态环境建设注入新鲜血液、增添后备力量。

引自中国社会科学网.http://news.cssn.cn/zx/bwyc/202009/t20200911\_5181556.shtml.

联合国人口行动组织提出的严重缺水标准是人均水资源总量≤1000m3/人，由此可知，京津冀城市群严重缺水。

包括石家庄市、唐山市、秦皇岛市、邯郸市、邢台市、保定市、张家口市、承德市、沧州市、廊坊市和衡水市。

数据来源于北京统计局官方网站和2021年1月18日国务院新闻发布会。

数据由京津冀三地国民经济发展公报中各地的地域面积和人口数分别计算得出。

数据由京津冀三地国民经济发展公报中各地的地域面积和人口数分别计算得出。

**参考文献：**

[1]MA L S,XIN Z,YU P S.The impact of low-carbon city construction on ecological efficiency:Empirical evidence from quasi-natural experiments[J].Resources,conservation&recycling,2020,157(2):1-12.

[2]SCHALTEGGER S.,STURM A.Ökologische Rationalität. Ansatzpunkte zur Ausgestaltung von Ökologieorientierten Managementinstrumenten[J].Die Unternehmung.1990,4(4):273-290.

[3]HUPPES G,M.D.Davidson,KUYPER J,et al.Eco-efficient environmental policy in oil and gas production in The Netherlands[J].Ecological Economics,2007,61(1):43-51.

[4]王雪,施晓清.基于投入产出表的北京市产业生态效率[J].生态学报,2018,38(08):2660-2671.

[5]贾冯睿,郎晨,刘广鑫,孙琪,马丹竹,岳强.基于物质流分析的中国金属铜资源生态效率研究[J].资源科学,2018,40(09):1706-1715.

[6]谷平华,刘志成.基于物质流分析的区域工业生态效率评价——以湖南省为例[J].经济地理,2017,37(04):141-148.

[7]YANG L,YANG,Y.Evaluation of Eco-efficiency in China from 1978 to 2016:Based on a Modified Ecological Footprint Model[J].Science of The Total Environment,2019:581-590.

[8]邢贞成,王济干,张婕.中国区域全要素生态效率及其影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2018,28(07):119-126.

[9]杨勇,邓祥征.中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异[J].地理科学,2019,39(07):1111-1118.

[10]顾荣华,朱玉林.江苏省生态效率的时空特征与影响因素——基于随机前沿生产函数与空间计量的检验[J].地域研究与开发,2020,39(06):166-170+176.

[11]宋改凤,刘艳中,朱晓南,陈勇,张祚.基于能值分析的武汉市生态效率动态变化研究[J].生态经济,2019,35(07):103-109.

 A Study on Ecological Efficiency Measurement and Improvement Strategy of Beijing-Tianjin-Hebei Region

 LIANG Yican, SUN Yu,JIANG Junjie

(School of Public Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; School of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Based on the panel data of 13 cities in Beijing-Tianjin-Hebei region from 2009 to 2019, a super-efficiency SBM model is constructed to measure its ecological efficiency. On this basis, the internal growth potential and external influencing factors of its ecological efficiency are explored by means of inefficiency decomposition and system generalized moment estimation. The results show that: (1)during the sample period, the overall ecological efficiency of Beijing-Tianjin-Hebei region is generally average, and there is a trend to continue to decline, which needs to be further improved and stabilized; (2)the main reason for hindering the progress of ecological efficiency is unexpected output redundancy, and there is a great potential to improve the ecological efficiency through energy conservation and emission reduction; (3)economic development, industrial structure, urbanization, scientific and technological progress and other factors have different directions and degrees of influence on its ecological efficiency. Finally, on the basis of analysis, research and judgement, the paper gives specific strategies and suggestions for joint prevention and control, energy conservation and emission reduction and technological innovation of Beijing-Tianjin-Hebei region .

**Key words:** ecological efficiency; super-efficiency SBM model; inefficiency decomposition; influencing factors; Beijing-Tianjin-Hebei region

（责任编辑：胡睿）

1. 收稿日期：2020年12月28日

作者简介：梁一灿（1998—），女，河北石家庄人，硕士，主要研究方向：公用事业与公共设施管理。

孙 钰（1965—），女，天津市人，博士，教授，博导，主要研究方向：区域公共产品与公共服务配置。

基金项目：国家自然科学基金资助项目“城市公共基础设施利用效益研究”（NSF 71273186）；天津市哲学社会科学规划资助重点项目“京津冀生态文明与城市化耦合协调发展的时空演进研究”（TJYY19XSX-018）。 [↑](#footnote-ref-0)