

中原城市群城镇化与生态环境耦合协调时空分析

班凤梅 刘卫婷 张孝晶

(山西财经大学资源环境学院, 山西省太原市 030006)

摘要 研究中原城市群城镇化与生态环境协调关系的时空分异, 对保障该区域可持续发展具有重要的现实意义。本文基于城市群面板数据来测度中原城市群城镇化与生态环境之间的协调发展情况, 利用障碍度模型来探析阻碍其发展的重要因素。研究表明: (1) 2009 - 2018 年间, 中原城市群耦合协调发展度呈逐年上升趋势, 其发展类型由濒临失调上升到良好协调, 空间分析中发现运城市外的其余城市城镇化与生态环境系统的耦合协调度呈上升趋势, 发展类型由失调转为协调阶段; (2) 2009 - 2018 年障碍因子诊断中, 发现第三产业从业人员比重为影响城镇化系统发展的主要因素, 建成区绿化覆盖率、工业废水排放量为阻碍生态环境发展的重要因素。

关键词 城镇化 生态环境 耦合协调 中原城市群

1 引言

随着城镇化水平的快速提高, 城市的经济社会水平、人口密度、空间范围呈现上升趋势, 随之面临着土壤结构破坏、资源浪费、环境污染等生态问题, 生态压力过大反过来又会抑制城镇化的发展。所以, 合理的发展两系统、协调好二者关系是地区稳健发展的重中之重。

我国学者主要从全国和区域尺度对城镇化与生态环境的关系进行了分析, 如刘传哲^[1]等运用耦合度模型, 从全国尺度对我国各省城镇化与生态环境进行时空协调分析; 陈菁^[2]等应用图谱分析原理对福建省的城市化与生态环境进行了两系统关系研究; 刘艳艳、杨芳、胡彪^[3-5]等学者从城市群角度出发, 分别探讨了珠三角、长三角、京津冀地区各城市生态环境与城市化的发展轨迹与发展类型, 对区域分异进行了分析; 王国霞^[6]等学者量化测度了中部地区的资源型城市城市化水平、生态环境水平及其两者的耦合协调发展变化; 唐志强^[7]等以西北干旱区典型城市张掖市为例, 测算了生态脆弱地区的新型城镇化与生态安全之间的耦合协调发展综合指数。基于以上研究成果, 本研究以中原城市群为例, 通过测度其城镇化与生态环境之间的协调发展情况, 分析阻碍其发展的重要因素, 以期为中原城市群的城市规划决策和融合发展提供依据。

2 研究区概况与指标构建

2.1 研究区概况

中原城市群共由 30 个城市组成 (如图 2.1), 总面积 28.7 万平方公里, 该城市群地理位置优越, 东邻沿海发达城市, 西接资源丰富的西部地区, 承东启西, 对拉动中部经济崛起具有重大作用。该地区气候适宜, 位于南北气候过度地带, 年均降水量 700 mm ~ 900 mm, 年均气温 13° ~ 15°, 受黄河地上悬河的影响, 地下水资源储量丰富, 水质良好, 目前开发利用率达到 70% 以上, 有利于多种农作物生长, 为发展农业提供了良好的种植条件。

此外, 中原城市群交通便利, 现已形成了以郑州为中心, 公路、铁路为骨架, 民航、水路为辅助的综合交通运输网, 拥有京广高铁、郑西高铁、郑徐高铁等 6 条线路所构成的“米”字形高铁干线网络, 超过 20 条国家级及省级高速公路; 此外, 该区具有全国意义的矿产有煤炭、耐火粘土、铝土矿、盐矿等。其中, 煤占河南省的 50% 以上, 主要分布于郑州、洛阳、许昌、平顶山等地, 是我国农产品、原材料、能源的重要生产基地。

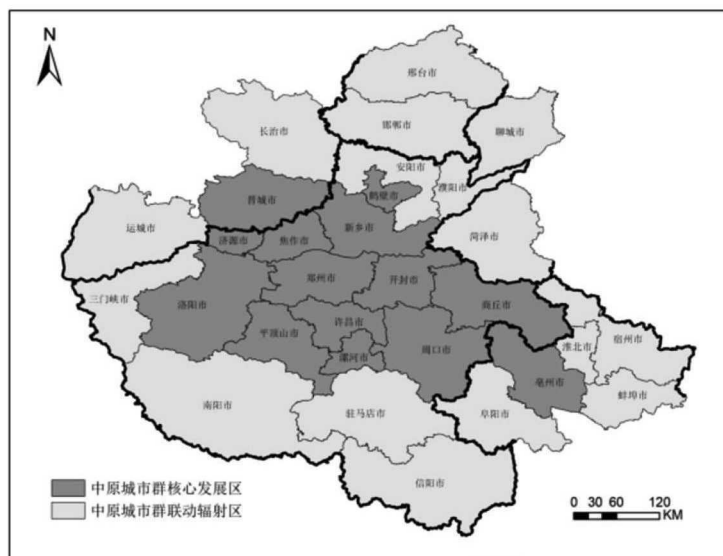


图 2.1 中原城市群区域概况图

(依据:《中原城市群发展规划》,图中黑粗线为省分界线、黑细线为城市分界线)

2.2 数据来源及指标体系的构建

2.2.1 数据来源

本文选取的指标数据来自于 2010 - 2019 年的《中国城市建设统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》,以及中原城市群所含的 5 个省份与 30 个市的统计年鉴和经济与社会发展统计公报。

2.2.2 评价指标体系的构建

本文在参考已有研究指标体系建立的基础上,结合中原城市群自身的发展特点,并考虑各指标的选择频次和数据的可获得性,构建表 2.1 评价指标体系。

表 2.1 中原城市群城镇化与生态环境系统指标体系

目标层	准则层	指标层	指标属性
城镇化系统	经济城镇化	人均 GDP	正向
		一般公共预算收入	正向
		第二产业占 GDP 比重	正向
		第三产业占 GDP 比重	正向
		社会消费品零售总额	正向
		城镇居民人均可支配收入	正向
	人口城镇化	城镇化率	正向
		人口密度	正向
		人口自然增长率	正向
		第三产业从业人员比重	正向
	空间城镇化	建成区面积	正向
		人均道路面积	正向
城市建设用地占市区面积比重		正向	

续表

目标层	准则层	指标层	指标属性
生态环境系统	生态环境压力	生活垃圾清运量	负向
		工业废水排放量	负向
		工业烟尘粉尘排放量	负向
		工业二氧化硫排放量	负向
	资源环境状态	人均耕地面积	正向
		建成区绿化覆盖率	正向
		人均公园绿地面积	正向
		人均日生活用水量	正向
	生态环境响应	燃气普及率	正向
		污水处理率	正向
		生活垃圾无害化处理率	正向
		工业固体废物综合利用率	正向

2.3 研究方法

2.3.1 熵值法

(1) 数据标准化

对于成本型指标（指标值越大越好），归一化公式为：

$$X'_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}$$

对于效益型指标（指标值越小越好），归一化公式为：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}$$

其中， X_{ij} 表示第j年i项指标的值， X'_{ij} 表示第j年i项指标的标准值， $\max X_{ij}$ 、 $\min X_{ij}$ 表示第i项指标的最大值和最小值。

(2) 指标权重的计算

本文采用客观赋值法中的熵值法进行权重计算。计算方法如下：

①第j年第i项指标值的比重： $Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{j=1}^m X_{ij}}$

②计算指标信息熵值： $e_i = -k \sum_{j=1}^m (Y_{ij} * \ln Y_{ij})$

③计算指标权重： $W_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{j=1}^m 1 - e_i}$

其中， $k = \frac{1}{\ln m}$ ，m为评价年分数，即m=10。

(3) 综合指数的计算

根据指标的标准化值与权重计算城镇化和生态环境综合指数。

城镇化发展综合指数 $f(x) = \sum_{i=1}^n w_i x_i$ ；

生态环境发展综合指数 $g(y) = \sum_{i=1}^n w_i y_i$;

2.3.2 耦合协调度模型

耦合度 $C = \left\{ \frac{(f(x)g(y))}{[\frac{f(x)+g(y)}{2}]^2} \right\}^2$, 综合评价指数 $T = \alpha f(x) + \beta g(y)$, 耦合发展度 $D = \sqrt{CT}$.

本研究中,认为城镇化与生态环境重要性相同,因此 α 、 β 均取值为 0.5。耦合发展度 D 值反映了城镇化与生态环境之间的关系,其中 $0 < D \leq 1$, D 值越大,表示两系统发展关系越和谐。依据研究目的,本文将城镇化与生态环境系统耦合度与耦合协调度分别进行了等级划分^[8],如下表 2.2 和 2.3 所示。

表 2.2 耦合等级度划分表

C 值	耦合度类型
$0 < C < 0.3$	低水平耦合
$0.3 < C < 0.5$	拮抗阶段
$0.5 < C < 0.8$	磨合阶段
$0.8 \leq C \leq 1$	高水平耦合

表 2.3 耦合协调度发展类型划分表

耦合协调度	类型	耦合协调度	类型
$0 \leq D < 0.1$	极度失调	$0.5 < D < 0.6$	勉强协调
$0.15D < 0.2$	严重失调	$0.6 < D < 0.7$	初级协调
$0.2 < D < 0.3$	中度失调	$0.7 < D < 0.8$	中级协调
$0.3 < D < 0.4$	轻度失调	$0.8 < D < 0.9$	良好协调
$0.4 \leq D < 0.5$	濒临失调	$0.9 < D \leq 1$	优质协调

2.3.3 障碍度模型

障碍度模型主要是用来探究影响城市发展水平的主要因素,具有一定的客观性。引入因子贡献度、指标偏离度、障碍度 3 个指标来进行逐步计算,对中原城市群城镇化与生态环境系统进行障碍因子探析,具体步骤如下:

第一步:计算因子贡献度 U_i :

$$U_i = W_k * W_i$$

式中, W_k 表示第 k 个准则层指标的权重, W_i 表示第 k 个准则层下第 i 项指标的权重。

第二步:计算指标偏离度 X_{ij} :

$$X_{ij} = 1 - X_{ij'}$$

式中, $X_{ij'}$ 为标准化之后的数据

第三步:计算障碍度 A_j :

$$A_j = \frac{U_i X_{ij}}{\sum_{i=1}^n U_i X_{ij}} \times 100\%$$

3 结果分析

3.1 中原城市群城镇化与生态环境发展

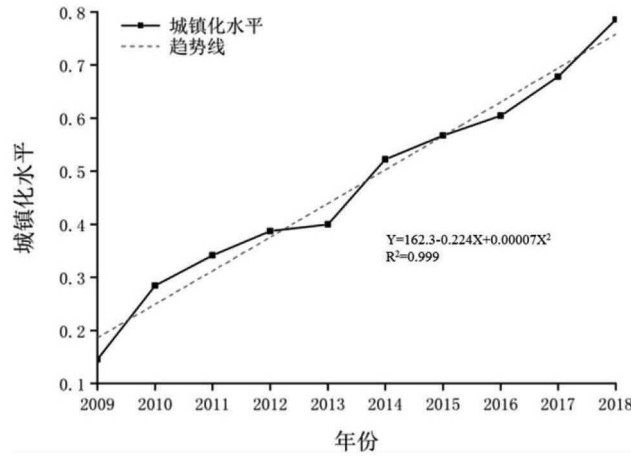


图 3.1 中原城市群城镇化发展水平

从上图 3.1 可以看出，总体中原城市群城镇化水平呈现上升趋势，综合水平从 2009 年 0.146 提高到 2018 年的 0.786，城镇化水平发展较快。在各项战略政策的逐步落实下，社会服务提高、基础设施完善，中原城市群经济发展的支撑条件都得到明显改善，发展势头增强。

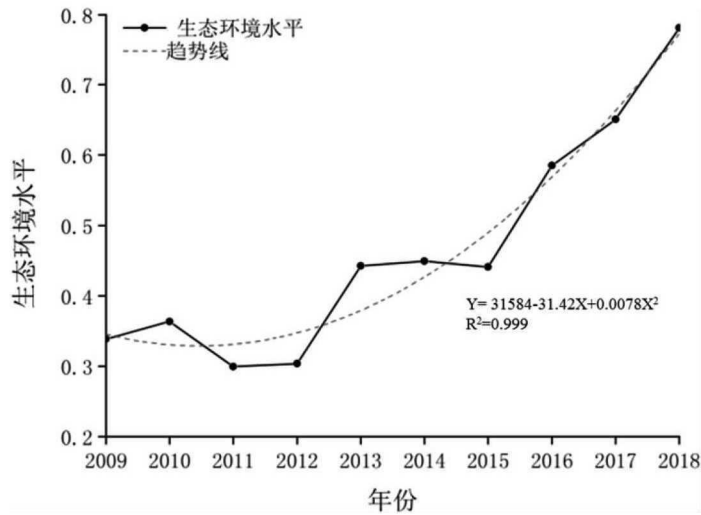


图 3.2 中原城市群生态环境发展水平

中原城市群生态环境水平整体呈上升趋势（如图 3.2），由 2009 年的 0.338 上升到 2018 年的 0.781，但发展趋势较为波动。其中，2010 - 2012 年生态环境水平呈下降趋势，2012 - 2018 年呈上升趋势。整体来说，随着生态环境治理水平的不断提高，并积极响应“五化”协调发展策略，研究区域生态环境水平得到进一步改善，这为“做出更大的努力，着力推进绿色、循环、低碳，建设美丽中原”的目标奠定良好基础。

3.2 中原城市群耦合协调度时空分析

3.2.1 耦合协调度时间序列分析

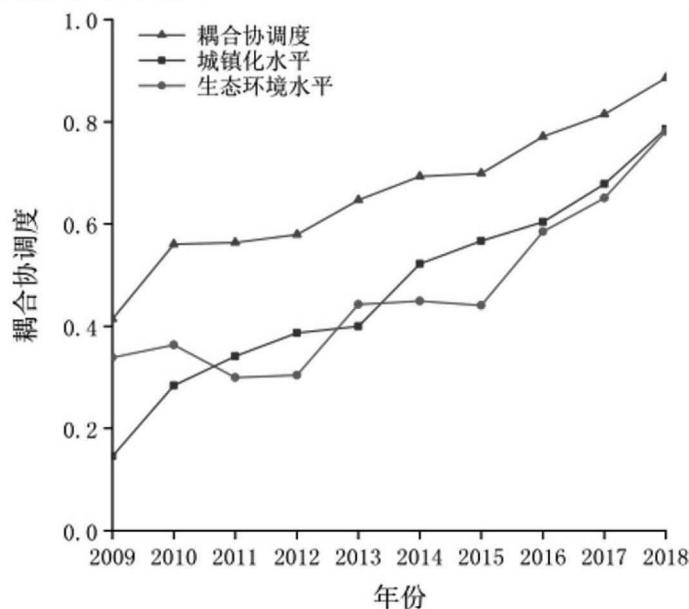


图 3.3 中原城市群耦合协调度发展态势

本文通过分析中原城市群城镇化系统与生态环境系统之间的耦合协调度，来探讨两系统之间的协调发展情况，由图 3.3 可以看出，在 2009 - 2018 年间，中原城市群耦合协调发展度呈上升趋势，由 2009 年的 0.414 上升到 2018 年的 0.885，其发展类型由濒临失调上升到良好协调。通过上图可看出，城镇化水平变化趋势与耦合协调度的变化趋势相似，为明确两者的相关程度，对耦合协调度与城镇化水平、生态环境水平分别进行相关性分析，得到在 $p=0.01$ 下，城镇化水平和生态环境水平均与耦合协调度呈显著相关， r 值分别为 0.988、0.906 的结果，说明与生态环境相比，城镇化的发展更加影响两系统的耦合协调发展情况。

3.2.2 耦合协调度空间序列分析

耦合协调度反应各城市系统间协调发展水平，如图 3.4 所示，中原城市群除运城市外耦合协调度呈上升发展趋势，总体来说，2018 年耦合协调度数值在 0.4 - 0.8 之间，发展类型由失调阶段演变为协调阶段。但由于地域性差异，不同城市发展水平并不同步，耦合协调程度也存在差异。

2009 年，中原城市群城市的城镇化与生态环境耦合发展类型有三种，分别是：中度失调 (0.2 - 0.3]、轻度失调 (0.3 - 0.4] 和濒临失调 (0.4 - 0.5]。其中安徽省的宿州市、淮北市、阜阳市、亳州市，河南省的郑州市、平顶山市、焦作市、商丘市、安阳市、鹤壁市、濮阳市，山西省的长治市，处于中度失调衰退阶段，协调程度较小，发展类型较低；河南省的南阳市、新乡市，山西省的运城市，处于濒临失调衰退阶段；其余城市均处于轻度失调衰退阶段。

2012 年，中原城市群城市的城镇化与生态环境耦合发展类型同 2009 年。从发展阶段看，商丘市处于中度失调衰退阶段；河北省的邢台市，山西省的长治市，安徽省的阜阳市、蚌埠市、宿州市，河南省的开封市、南阳市、周口市、驻马店市、郑州市、焦作市、安阳市、濮阳市均处于轻度失调衰退阶段；其余城市均处于濒临失调阶段。

2015 年，中原城市群城市的城镇化与生态环境耦合发展类型有三种，分别是：轻度失调 (0.3 - 0.4]、濒临失调 (0.4 - 0.5]、勉强协调 (0.5 - 0.6]。从发展阶段看，河南省的三门峡市、许昌市、驻马店市均为处于轻度失调衰退阶段；山东省的菏泽市，山西省的运城市，安徽省

的蚌埠市、宿州市、淮北市处于勉强协调阶段；其余城市均处于濒临失调衰退阶段。

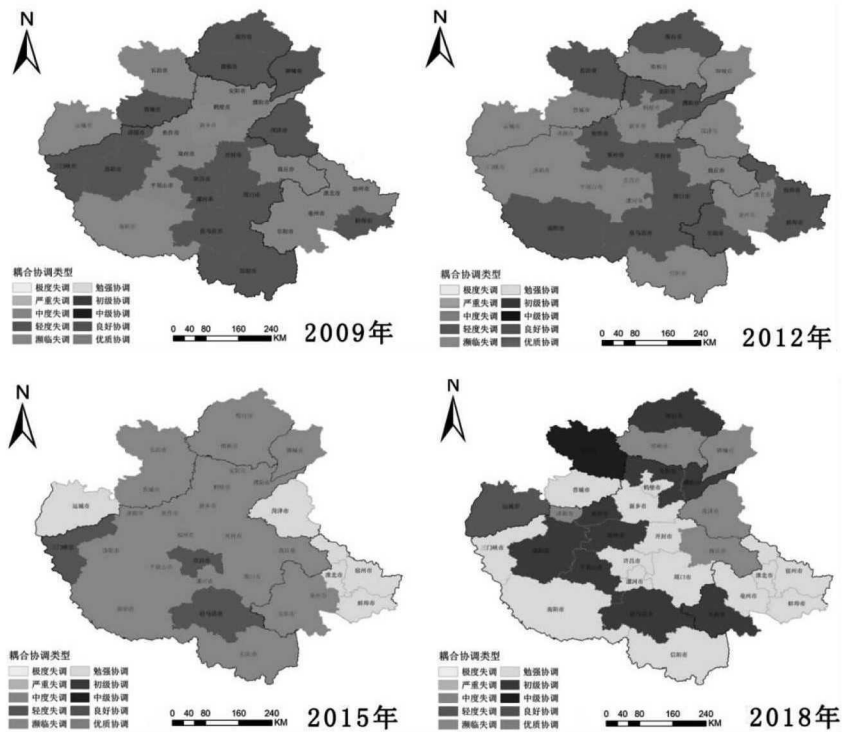


图 3.4 中原城市群各城市耦合协调度发展水平时空变化图

2018 年，中原城市群城市的城镇化与生态环境耦合发展类型有五种，分别是：轻度失调 (0.3 - 0.4]、濒临失调 (0.4 - 0.5]、勉强协调 (0.5 - 0.6]、初级协调 (0.6 - 0.7]、中度协调 (0.7 - 0.8]。从发展阶段看，运城市为轻度失调阶段；河南省的济源市、商丘市，河北省的邯郸市，山东省的聊城市、菏泽市为濒临失调阶段；河南省的三门峡市、开封市、新乡市、周口市、许昌市、南阳市、鹤壁市、漯河市、信阳市，山西省的晋城市，安徽省的宿州市、淮北市、亳州市、蚌埠市均处于勉强协调；河南省的洛阳市、平顶山市、驻马店市、郑州市、焦作市、安阳市、濮阳市；河北省的邢台市，安徽省的阜阳市均处于初级协调阶段；山西省的长治市处于中级协调阶段。

总体来看，豫南、豫西、豫北城市耦合协调度相对较高，豫中与皖北地区耦合协调水平较低，运城市耦合协调度最低，主要是因为耦合协调低的地区，资源型城市居多，环境污染严重，环境质量偏低，加上城镇化的快速发展对生态环境的制约作用，使得生态环境发展水平远远低于城镇化的发展，耦合协调发展类型处于较低层次。

3.4 障碍因素诊断

障碍度模型主要是用来探究影响城市发展水平的主要因素，具有一定的客观性。通过引入因子贡献度、指标偏离度、障碍度 3 个指标来进行逐步计算，可以分析阻碍城镇化与生态环境系统发展的障碍因子以及该因子对其影响的大小，深入发现中原城市群两系统间耦合协调发展水平，并得出以下结果：

城镇化系统中，通过对各指标进行障碍度分析，发现第三产业从业人员比重出现的频次最多，共出现 6 次，为影响城镇化系统发展的最主要因素，产业结构的优化需要相应的市场就业人员结构调整，同时从业人员的多少对行业发展以及产品的价值和产量产生不同程度的影响，一定程度上反映城镇化发展水平的高低。而中原城市群第三产业从业人员占比总体呈下降趋势，所以

对城镇化的发展起到制约作用。

生态环境系统中,通过各指标障碍度诊断,发现出现频次最高为6次,其中建成区绿化覆盖率、工业废水排放量两指标并列,说明绿化建设与工业废水排放力度对其发展起到关键因素,建成区绿化覆盖率高对环境起到改善和净化作用,废水低排放更减少空气污染,据此发现中原城市群在建成区绿化覆盖率与工业废水排放量方面严重不达标,需政府部门以及企业、公众等共同努力,加强绿化,减少污染物排放,提高废污水治理技术和水平,以供提高用水利用率。

表 3.1 城镇化系统各指标障碍贡献度

指标	代称	频次	排名
人均 GDP	A1	1	6
一般公共预算收入	A2	3	4
第二产业占 GDP 比重	A3	5	2
第三产业占 GDP 比重	A4	4	3
社会消费品零售总额	A5	2	5
城镇居民人均可支配收入	A6	2	5
城镇化率	A7	2	5
人口密度	A8	5	2
人口自然增长率	A9	4	3
第三产业从业人员比重	A10	6	1
建成区面积	A11	1	6
人均道路面积	A12	3	4
城市建设用地占市区面积比重	A13	4	3
民用汽车拥有量	A14	0	7
卫生技术人员数	A15	1	6
公共图书馆图书总藏量	A16	5	2
普通高等教育在校学生数	A17	2	5

表 3.2 生态环境系统各指标障碍贡献度

指标	代称	频次	排名
人均耕地面积	B1	4	3
建成区绿化覆盖率	B2	6	1
人均公园绿地面积	B3	4	3
人均日生活用水量	B4	4	3
生活垃圾清运量	B5	4	3
工业废水排放量	B6	6	1
工业烟粉尘排放量	B7	2	4
工业二氧化硫排放量	B8	5	2

续表

指标	代称	频次	排名
燃气普及率	B9	2	4
污水处理率	B10	4	3
生活垃圾无害化处理率	B1 1	5	2
工业固体废物综合利用率	B12	4	3

4 结论

(1) 中原城市群城镇化综合水平从 2009 年 0.146 提高到 2018 年的 0.786；中原城市群生态环境水平由 2009 年的 0.338 上升到 2018 年的 0.781，两系统均呈现整体上升趋势；

(2) 2009 - 2018 年间，中原城市群耦合协调发展度呈逐年上升趋势，由 2009 年的 0.414 上升到 2018 年的 0.885，其发展类型由濒临失调上升到良好协调；空间分析中发现运城市外的其余城市城镇化与生态环境两系统的耦合协调度呈上升发展趋势，发展类型由失调转为协调阶段，由于地域性差异，不同城市发展水平存在明显不同步现象；

(3) 在诊断障碍因子分析中，第三产业从业人员比重为影响城镇化系统发展的最主要因素；建成区绿化覆盖率、工业废水排放量在生态环境系统中障碍度最大。

参考文献

- [1] 刘传哲, 刘娜娜, 夏雨霏. 时空耦合视角下我国省域城镇化与生态环境协调发展的研究 [J]. 生态经济, 2017, 33 (09): 130 - 136 + 187.
- [2] 陈菁, 秀春, 徐永辉. 基于图谱分析的福建省生态环境与城市化耦合关系研究 [J]. 海峡科学, 2010, 46 (10): 18 - 22.
- [3] 刘艳艳, 王少剑. 珠三角地区城市化与生态环境的交互胁迫关系及耦合协调度 [J]. 人文地理, 2015, 30 (03): 64 - 71.
- [4] 杨芳, 潘晨, 贾文晓, 刘敏, 义白璐, 象伟宁. 长三角地区生态环境与城市化发展的区域分异性研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24 (07): 1094 - 1101.
- [5] 胡彪, 张旭东, 程达, 冀保礼, 付中阳. 京津冀地区城市化效率与生态效率时空耦合关系研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31 (08): 56 - 62.
- [6] 王国霞, 刘婷. 中部地区资源型城市城市化与生态环境动态耦合关系 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27 (07): 80 - 88.
- [7] 唐志强, 秦娜. 张掖市新型城镇化与生态安全耦合协调发展研究 [J]. 干旱区地理, 2020, 43 (03): 786 - 795.
- [8] 屈冰冰. 河南省城市物流综合发展水平时空格局演变分析 [D]. 河南大学, 2016.