

中东部城镇化与生态环境压力耦合演变对比分析

——以豫苏两省为例^{*1}

冯霞 刘新平

城镇化与生态环境是一对耗散结构体，在交互耦合之间进行着物质、能量、信息等流动，生态环境压力随着城镇化的不断发展，呈现出先升后降的倒U型曲线关系。对比分析河南与江苏两省城镇化与生态环境压力耦合演变趋势，发现符合一般系统论第二热力学规律，即“熵增定律”。用熵值法计算出两省1996年至2014年间两者的状况，提出新型城镇化生态发展的主要路径：（1）城镇化生态发展可以减小城镇化与生态环境压力之间倒U型曲线的弧度；（2）城镇化生态发展路径应以户籍制度、社会保障制度、成本分担机制、土地制度等的创新来确保农民稳步市民化；优化空间格局，增强大城市承载力和小城镇吸纳力，构建协同发展的城市群落；深入实施产业转型升级，协调产业结构；转变观念，坚持“预防性”环境治理。

【关键词】：新型城镇化；生态环境压力；熵值定律

【中图分类号】：F299.2 【文献标识码】：A 【文章编号】：1004—518X（2017）01—0080—08

一、引言

针对人类发展与生态环境关系的研究，美国经济学家Grossman和Krueger提出环境污染物排放总量与经济增长之间呈现倒U形曲线，称为环境库茨涅茨曲线（EKC）^[1]，其后生态经济学理论（EE）^[2]、生态城市理论（EC）^[3]都在不同程度上丰富了研究理论体系。国内研究相对较晚，马世骏和王如松将社会、经济和自然融为一个复合生态系统，开启了国内城市化生态系统的研究。^[4]方创琳等对EKC曲线和城市化对数曲线逻辑复合出二者交互耦合的函数及曲线，验证区域生态环境随城市化发展先恶化后改善的规律。^[5]刘耀彬等通过构建区域城市化与生态环境交互的关联度和耦合度模型，从时空角度揭示出区域耦合关系的空间分布及演变规律。^[6]阳玉香运用主成分分析法研究湖南省低碳经济发展的驱动因素，发现人口规模和城镇化水平为人均碳排放正向驱动的次要因素，而能源强度和经济发展为其主要因素。^[7]孙平军以江苏省的城市化与生态环境协调与非协调的交互关联，构建了两省之间耦合协调状况的判别函数，揭示出两省耦合关系演化过程具有阶段性特征。^[8]杨玉珍综述了快速城镇化地区生态—环境—经济耦合协同发展研究，指导我国城镇化质量的提升。^[9]

总之，目前国内研究城镇化与生态环境关系，多为单个区域的实证分析，鲜有两个区域的对比分析。城镇化与生态环境是一对耗散结构体，在交互耦合之间进行着物质、能量、信息等流动，生态环境压力随着城镇化的不断发展先升后降，呈现倒U型曲线关系。在城镇化快速发展的时期，如何减少对生态环境破坏成为国内学者研究的热点。江苏省和河南省是我国中东部典型省份，且江苏省是国家新型城镇化综合试点省份，可以通过对比分析两省城镇化与生态环境压力耦合演变趋势，找出中东部城镇化发展的异同之处，借鉴两者城镇化发展的经验和教训，总结出新型城镇化的发展路径。城镇化与生态环境压力之间耦合关系，符合一般系统论第二热力学规律，即“熵增定律”。本文首先用熵值法计算出，并对比分析1996—2014年江苏省和河南

¹ 基金项目：国家社科基金项目“中西部快速城镇化地区生态—环境—经济耦合协同发展研究”（13CJL074）

冯霞，新疆农业大学博士生，河南科技学院副教授，硕士生导师；

刘新平，新疆农业大学教授、博士生导师，博士后。（新疆乌鲁木齐830052）

省城镇化与生态环境压力耦合演变趋势，从“序参量”角度提出城镇化生态发展的主要路径。

二、评价体系构建与综合测度

河南省，位于我国中东部，是全国第一人口大省和传统农业大省。2015 年全省常住人口 9436 万人，占全国总人口的 6.9%。全省面积 16.7 万平方公里，占全国总面积 1.73%。GDP 连续位居全国第五位、中西部首位。2015 年，全省城镇化率达到 45.2%，低于全国平均水平近 10%。^②

江苏省，位于我国东部沿海中心，2015 年江苏省常住人口 7976.3 万人，居全国第 5 位。面积 10.26 万平方公里，是全国人均国土面积最小、人口密度最高的省份。人均 GDP 达到 87995 元，居全国各省区（除了 3 个直辖市）首位。2015 年，全省人口城镇化率达到 65.2%，比全国平均水平高 10%。^③2015 年 1 月，江苏省被列为国家新型城镇化综合试点省份。

现代城镇是一个非平衡状态的开放性系统，与外界环境进行能量、物质及信息等交换和转化，可使系统趋于有序化和组织化，或趋于混乱无序。人口、基础设施和产业等区位聚集，拉动城镇化的发展，给外界环境带来挤压和胁迫效应；同时因规模和技术效应，城镇资源集约度和污染集中治理能力的提升，可使生态环境综合承载力得到提高，城市变得更适宜居住。^[10] 城镇化发展对区域生态环境可起到“破坏”或“改善”作用。所以遵循科学性原则，按照耦合原理设计城镇化和生态环境压力的评价指标体系。

城镇化是人口、空间和经济城镇化综合作用的过程。其中，人口城镇化是城镇化的核心，其实是农村人口的经济和生活活动向城镇不断转移的过程；空间城镇化是城镇化的载体，其实是土地形式不断发生改变的过程；经济城镇化是城镇化的内在动力，其实是指经济效率的提高和经济结构的非农化。为了显示城镇化的内涵，选取表 1 中指标来评价城镇化的综合发展水平。

人类为了自身的发展，不断掠夺外界环境中的物质和能量等，转化为人类生产和生活资料，并释放出大量的废气、废水、废物，会破坏生态环境系统的平衡和稳定，为了彰显其特质，选取表 1 的指标来评价生态环境压力的状态。

² ①数据来源于 1997—2015 年河南统计年鉴。

³ ②数据来源于 1997—2015 年江苏统计年鉴。

表 1 城镇化与生态环境压力的评价指标体系

系统层	准则层	评价指标 (序参量)
城镇化 综合发展水平	人口城镇化	城镇人口比重
		第二三产业从业人数比重
		城镇居民人均可支配收入
		城镇恩格尔系数
		每千人口医疗卫生机构床位
		人均财政性教育支出
		城市人口密度
	空间城镇化	人均建成区面积
		每万人拥有的公共交通工具运营数
		人均公共绿地面积
		城镇人口人均固定资产投资
		人均拥有道路面积
		新建成区面积
		城镇居民人均房屋竣工面积
	经济城镇化	GDP
		人均 GDP
		人均工业总产值
		二三产业产值之和占 GDP 比重
		人均地方财政收入
		出口总额占 GDP 比重
		二三产业产值之间比重
生态环境	压力	人均工业废水排放量
		人均工业二氧化硫排放量
		人均工业烟(粉)尘排放量
		人均消耗能量

从 1997—2015 年《中国统计年鉴》、《河南省统计年鉴》和《江苏省统计年鉴》，查询河南省和江苏省城镇化与生态环境压力的 25 个评价指标数值，将 19 年间的原始数据进行标准化处理，用熵值法计算影响城镇化综合发展水平和生态环境压力状态。

(一) 数据标准化处理

由于各指标的量纲、数量级及指标属性都有所不同，首先对查询出的原始数据进行标准化处理。

$$y'_{ij} = \begin{cases} (x_{ij} - x_{jmin}) / (x_{jmax} - x_{jmin}) & \text{效益型} \\ (x_{jmax} - x_{ij}) / (x_{jmax} - x_{jmin}) & \text{成本型} \end{cases} \quad (i=1996, 1997, \dots, 2014, j=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

公式 (1) 中 x_{ij} 是第 i 年份第 j 项指标的原始数值， x_{jmin} 、 x_{jmax} 分别代表 1996—2014 年间第 j 项指标的最小值和最大值， y'_{ij} 表示为标准化处理过的数据。为了公式 (3) 中对数取值有意义，需消除标准化后出现“0”值，所以将标准化后的数据，向右平移一个单位，即 $y_{ij} = y'_{ij} + 1$ 。

（二）计算综合发展水平

信息熵是数学的抽象概念，是用数值表示系统内有序化程度。一个系统的指标度量值（即权重）越大，表示变化越快，系统内越有序，信息熵越低；反之，一个系统效益指标权重越小，表示变化越慢，系统内越混乱，信息熵越高。所以，指标权重与信息熵构成一对反函数，因此可以根据熵值法计算出各指标的权重和综合发展水平。具体步骤如下：

第 i 年份第 j 项指标占该指标的比重

$$p_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1996}^{2014} y_{ij} \quad (2)$$

第 j 项指标的信息熵

$$E_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1996}^{2014} (p_{ij} \times \ln p_{ij}) \quad (3)$$

第 j 项指标的效用值

$$D_j = 1 - E_j \quad (4)$$

第 j 项指标的权重

$$W_j = D_j / \sum_{j=1}^n D_j \quad (5)$$

第 i 年系统综合发展水平

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \times p_{ij} \quad (6)$$

以上公式 m 代表评价年份数量， n 代表指标个数。将标准化处理后的数据，经过公式（2）～（6）计算，可以得出河南省和江苏省 1996—2014 年人口、空间、经济城镇化综合发展水平和生态环境压力状态的测评得分，具体见表 2。

表 2 1996—2014 年河南省和江苏省城镇化和生态环境压力的评价

年份	河南省					江苏省				
	城镇化				生态环境压力	城镇化				生态环境压力
	人口	空间	经济	综合		人口	空间	经济	综合	
1996	0.0394	0.0368	0.0374	0.1137	0.0397	0.0400	0.0372	0.0382	0.1154	0.0386
1997	0.0396	0.0377	0.0380	0.1152	0.0422	0.0410	0.0382	0.0393	0.1185	0.0337
1998	0.0395	0.0387	0.0385	0.1168	0.0495	0.0418	0.0397	0.0404	0.1219	0.0392
1999	0.0400	0.0395	0.0398	0.1194	0.0484	0.0428	0.0408	0.0412	0.1248	0.0356
2000	0.0407	0.0417	0.0418	0.1242	0.0507	0.0454	0.0430	0.0425	0.1309	0.0360
2001	0.0417	0.0434	0.0434	0.1284	0.0498	0.0432	0.0410	0.0434	0.1276	0.0396
2002	0.0427	0.0422	0.0436	0.1285	0.0511	0.0434	0.0425	0.0446	0.1305	0.0290
2003	0.0454	0.0458	0.0459	0.1371	0.0532	0.0450	0.0449	0.0463	0.1362	0.0369
2004	0.0477	0.0486	0.0472	0.1435	0.0566	0.0464	0.0473	0.0477	0.1414	0.0413
2005	0.0502	0.0508	0.0487	0.1496	0.0603	0.0481	0.0508	0.0506	0.1495	0.0451
2006	0.0529	0.0542	0.0505	0.1576	0.0625	0.0531	0.0545	0.0531	0.1607	0.0429
2007	0.0563	0.0587	0.0529	0.1679	0.0642	0.0555	0.0574	0.0557	0.1686	0.0409
2008	0.0583	0.0603	0.0544	0.1729	0.0618	0.0564	0.0601	0.0577	0.1742	0.0391
2009	0.0594	0.0631	0.0582	0.1807	0.0623	0.0591	0.0627	0.0583	0.1801	0.0382
2010	0.0623	0.0628	0.0597	0.1847	0.0622	0.0615	0.0630	0.0626	0.1871	0.0405
2011	0.0651	0.0643	0.0627	0.1922	0.0608	0.0646	0.0653	0.0662	0.1961	0.0423
2012	0.0689	0.0666	0.0651	0.2006	0.0594	0.0681	0.0674	0.0685	0.2040	0.0413
2013	0.0719	0.0689	0.0681	0.2089	0.0568	0.0712	0.0704	0.0709	0.2125	0.0427
2014	0.0724	0.0708	0.0710	0.2142	0.0573	0.0734	0.0739	0.0729	0.2202	0.0463

运用 origin8 软件画出 3D 散点图，来表示城镇化与生态环境压力耦合演变趋势，图 1a 为河南省，图 1b 为江苏省。图 2 平面表示两省城镇化与生态环境压力的耦合演变趋势。

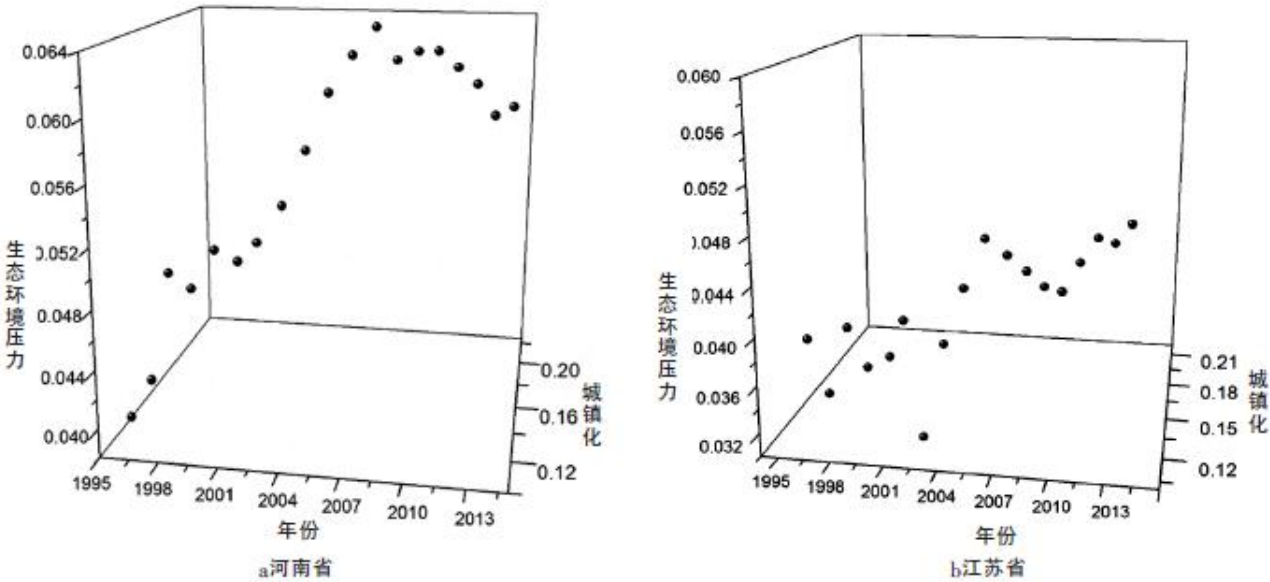
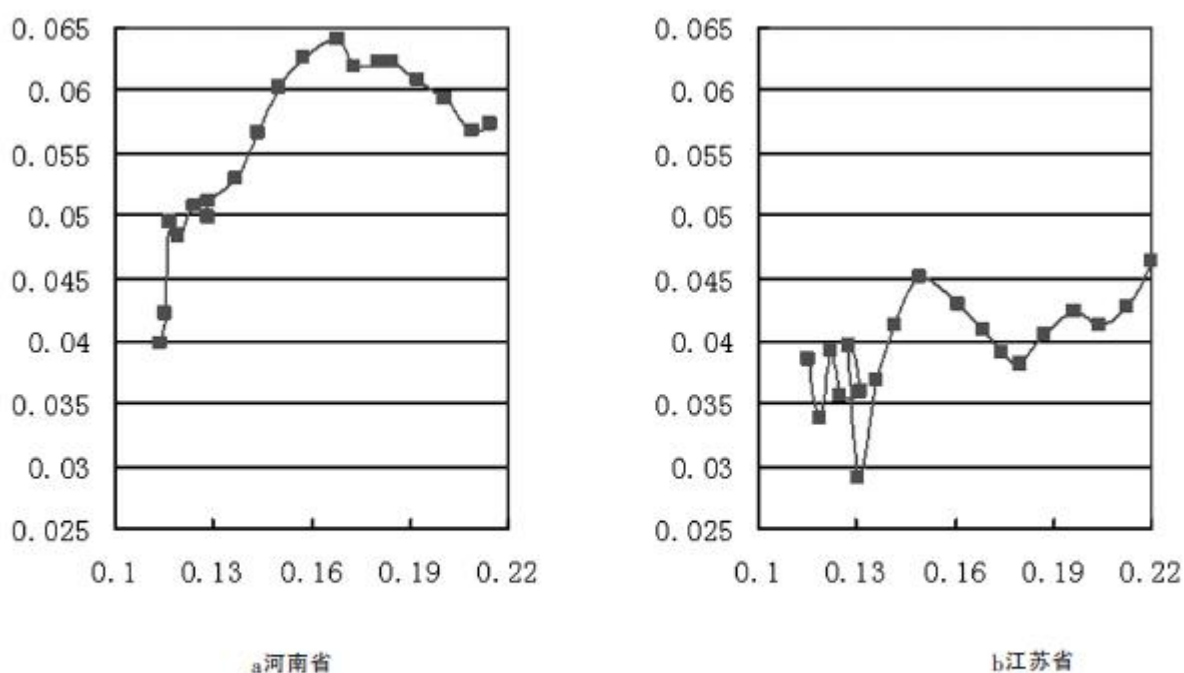


图1 1996—2014年河南省和江苏省城镇化和生态环境压力耦合关系演化趋势(3D)



图注:横坐标为城镇化发展水平,纵坐标表示生态环境压力状况

图2 1996—2014年河南省和江苏省城镇化和生态环境压力耦合关系演化趋势

三、数据分析

(一) 综合分析

从表2可以看出,1996—2014年,河南省和江苏省人口、经济、空间、综合城镇化水平,均表现出显著的上升趋势,2014年河南省人口、经济、空间城镇化总量评价水平均明显小于江苏省,表明河南省城镇发展明显慢于江苏省城镇发展水平。以年均增长速度来看,河南省人口城镇化评价值的年均增长速度3.43%,空间城镇化为3.7%,经济城镇化为3.62%。江苏省人口城镇化评价值的年均增长速度3.43%,空间城镇化为3.89%,经济城镇化为3.66%,河南省和江苏省均体现空间城镇化>经济城镇化>人口城镇化,说明两省都是空间城镇化发展水平最快,人口城镇化发展速度最慢,经济城镇化发展较慢,表明河南省和江苏省都过于重视空间城镇化建设,相对忽视了“人”的城镇化。河南省空间城镇化和经济城镇化年均增速都低于江苏省。河南省和江苏省生态环境压力均有上涨趋势,从年均增长速度来看,河南省生态环境压力为2.05%,而江苏省为1.02%,可见河南省生态环境压力幅度明显大于江苏省。

从图2a可以看出,1996—2014年河南省城镇化发展与生态环境压力耦合演变趋势,大体呈现出一条快速增长的抛物曲线,说明河南省城镇化发展是以生态资源消耗为主,生态环境压力逐步攀升,状况令人担忧。从图2b可以看出,1996—2014年江苏省城镇化发展与生态环境压力,表现为时升时降的波动曲线,整体显示出上涨趋势,说明江苏省城镇化发展过程中,保护和治理生态环境的作用逐渐增强,生态环境压力虽仍在上涨,但上涨幅度较小。

(二) 影响城镇化与生态环境压力耦合关系的序参量分析

从“协同学”理论来看,序参量是指直接影响到系统发生变化的关键性指标。影响豫苏两省空间城镇化的序参量有人均公

共绿地面积，江苏省全省绿地面积为 2655.43 平方公里，是河南省的 3 倍；江苏省每万人拥有的公共交通工具为 15.08 辆，是河南省的 1.55 倍。这些数据表明，江苏省在城镇化进程中，公共绿地建设等环境保护措施作用逐步增强，明显减少了对生态环境的破坏。

影响豫苏两省人口城镇化的指标有城镇人口占总人口比重，江苏省城镇人口占总人口的 65.2%；比河南省的高出 20%。江苏省从业人员为 4759.89 万人，其中第一产业从业人数比重为 19.3%，第二产业为 43%，第三产业为 37.7%；河南省从业人员为 6520 万人，其中第一产业为 40.7%，第二产业为 30.6%，第三产业为 28%。河南省和江苏省第三产业从业人数比重小于，且增幅小于第二产业，与世界发达国家以第三产业为吸纳就业人数最主要渠道的情况相悖，但是江苏省第三产业从业人数比例和增长幅度高于河南省。

影响豫苏两省经济城镇化的序参量有人均 GDP，2014 年江苏省人均 GDP 为 81874 元，是河南省的 2.2 倍。其中，江苏省第一产业产值占 GDP 的 5.6%，第二产业占 47.4%，第三产业占 47%，表明第三产业正逐渐成为拉动经济发展和提供城市就业岗位的主要领域，但目前所占比重略低；河南省第一产业产值占 GDP 的 11.9%，第二产业占 51%，第三产业占 37.1%，这表明河南省产业结构不合理，急需进一步改善。江苏省 2014 年出口额为 28623.45 亿元，是河南省出口额 20 倍。可见，协调发展三大产业结构和大力发展对外贸易，对于城镇化发展是非常重要的因素。

2014 年江苏省工业总产值是 30854.5 亿元，是河南省 1.73 倍，但是同时产生的环境压力江苏省明显低于河南省。其中，江苏省排放工业二氧化硫 90.47 万吨，而河南省为 119.82 万吨；江苏省排放工业烟（粉）尘 76.37 万吨，而河南省为 88.21 万吨；工业固体废物产生量江苏省为 10924.73 万吨，而河南省为 15717.4 万吨。同时江苏省污水处理率 93.5%，反而大于河南省的 2.5%。可见，江苏省预防性环境保护效果优于河南省。

四、结论与建议

（一）结论

从环境经济学来看，假设科学技术发展水平、政府管控力度、环境保护支出水平等保持相对稳定情况下，环境库兹涅茨曲线揭示出的经济发展水平和环境质量之间的“倒 U 型”关系。根据国内外学者研究结果表明，城镇化发展和生态环境压力关系同样呈现出“倒 U 型”规律性变化。

通过豫苏两省城镇化与生态环境压力耦合演变趋势，可以看出两者关系并不是固定的。随着人们环境保护意识的提高，可以采取的措施来优化“倒 U 形”曲线。假如在平衡考虑经济发展和环境保护的基础上，城镇化发展可以采取一些前瞻性的环境保护措施，即生态发展，可以减小“倒 U 形”曲线弧度，或者可以使其变成近似水平的曲线，^{[11] (P253)} 见图 3。

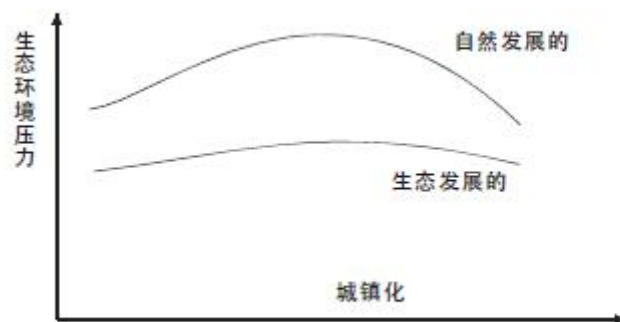


图3 生态发展优化城镇化与生态环境压力关系

（二）建议

根据河南省和江苏省城镇化与生态环境压力耦合演变趋势分析，可以看出城镇化生态发展可以大幅度减小生态环境压力。借鉴两省城镇化发展经验和教训，各地区城镇化可以根据各自不同的主体功能定位，采取科学且适宜的措施进行生态发展。

1. 创新制度安排，有序推进农村人口市民化。继续深化户籍制度改革，弱化城市户口的附加福利，建立城乡统一的新型制度；继续完善社会保障制度和劳动就业制度，同时要以低收入城镇居民和农民工为重点，进一步完善住房保障制度，在城乡居民之间逐步实现基础教育、社会保障和劳动就业等公共服务均等化；探索农村人口市民化成本的分担机制，明确不同主体的成本分担责任，合理分配政府、企业、家庭、个人承担市民化成本的比例，保障农村人口能够顺利“城镇化”。完善农村土地置换机制、宅基地退出机制、土地产权及征地补偿等相关制度，积极综合治理农村土地，引导土地流向新型农业经营主体，实现土地资源的可持续利用。

2. 优化空间格局，逐步形成大城市和小城镇协同发展的城市群。各级政府按照区域主体功能，合理建设城镇的公共基础设施，进一步增强大城市综合承载力、小城镇吸纳力，集约高效持续利用土地。（1）增强大城市综合承载力。合理有效规划大城市旧城的空间布局，以垂直高度和密度分布来提高土地的利用效率，减少土地的使用量；合理调整城市的行政区划，将以毗邻大城市的县（市）改区，合理确定城市空间增长边界，进一步拓展城市空间，在城市新区大力建设基础设施、建立统一的社会保障和就业市场，积极鼓励大城市中心区域的人口和产业向新区逐步迁移并集聚，进一步增强大城市综合承载力。（2）增强小城镇吸纳力。对吸纳人口多、经济实力强的城镇，要赋予相对应的管辖权，中央财政要用专项建设资金，重点建设基础公共设施及保障性的安居工程，地方财政要贴息支持符合区域主体功能定位的服务业及新兴产业的发展，逐步发展为主体功能定位鲜明的中小城市。（3）大力发展城市群。要以经济、政治及区位优势明显的城市为核心增长极，通过政策、体制与模式等创新，积极集聚利于生态环境的产业集群，大力发展新兴产业和现代服务业；构建高效便利的多层次交通运输网络，逐渐形成1小时城市群落；依托主要的运输通道，进一步扩大经济轴带上的节点城市规模，逐渐提升核心增长极的辐射和带动功能。

3. 深入转型升级，协同发展产业结构。以制造业重点领域和环节不断提高能源效率和更新生产工艺，加快清洁能源的开发和利用，减少对不可再生能源的依赖，通过节能降耗增效来改造和提升传统产业；以产业集群化和技术高端化为导向大力发展高成长性制造业；依靠“绿色技术”发展深加工产品群，主攻核心技术培育战略新兴产业，逐步提高电子信息、新能源等新兴工业产值比重；依靠区位优势，着力发展现代高成长性服务业，推动传统支柱服务业转型升级，培育发展新兴服务业。运用现代科学技术及管理，提高农业生产效率，降低成本，释放出更多劳动力；大力发展生态农业，提高农业的社会及经济效益，逐步形成三大产业协同发展的产业结构。

4. 引导转变观念, 坚持“预防性”环境治理。国家要尽快划定并公布“环境污染红线”, 以政府倡导为主, 综合利用政治、经济和法律等多种渠道, 继续坚持“预防性”环境治理, 并保障公众参与环境保护和监督的权利; 要不断加大生态理念与环境保护的教育力度, 引导人们逐步转变为“绿色的”生活生产观念, 多种措施调动所有人员主动积极参与, 预防环境污染的发生。

[12]

参考文献:

- [1] Grossman G, and Krueger A. Economic Growth and the Environmental. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2).
- [2] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. 应用生态学报, 1999, (5).
- [3] 马交国, 杨永春. 生态城市理论研究进展 [J]. 地域研究与开发, 2004, (6).
- [4] 马世骏, 王如松. 社会—经济—自然复合生态系统 [J]. 生态学报, 1984, (1).
- [5] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析 [J]. 地理研究, 2003, (2).
- [6] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析 [J]. 地理学报, 2005, (2).
- [7] 阳玉香, 谭忠真. 湖南省低碳经济驱动因素的实证研究——基于主成分分析法 [J]. 湖南社会科学, 2012, (2).
- [8] 孙平军. 1994—2011 年江苏省城市化与生态环境非协调性耦合关系的判别 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, (8).
- [9] 杨玉珍. 快速城镇化地区生态—环境—经济耦合协同发展研究综述 [J]. 生态环境学报, 2014, (3).
- [10] 赵玉红, 陈玉梅. 我国城镇化发展趋势及面临的新问题 [J]. 经济纵横, 2013, (1).
- [11] 张帆. 环境与自然资源经济学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1998.
- [12] 魏后凯, 张燕. 全面推进中国城镇化绿色转型的思路与举措 [J]. 经济纵横, 2011, (9).