

赵永峰,郑 慧. 内蒙古城市化-社会经济-生态环境时空耦合关系[J]. 江苏农业科学,2020,48(2):287-293.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.02.050

内蒙古城市化-社会经济-生态环境时空耦合关系

赵永峰,郑 慧

(集宁师范学院,内蒙古乌兰察布 012000)

摘要:以内蒙古全区及 9 个主要城市为研究对象,构建城市化-社会经济-生态环境的评价指标体系,运用层次分析法、耦合协调度模型,定量测算了 2003—2016 年内蒙古的综合发展值、耦合度和耦合协调度,并对测算结果进行了量化对比分析。研究表明,从时序的动态演变上看,2003—2010 年,内蒙古城市化-社会经济-生态环境系统的耦合协调发展状态经历了较长时期的勉强协调过程,2012 年开始实现中度协调。从空间分布上来看,鄂尔多斯、乌兰察布于 2003 年最早实现中度协调状态,其他城市则在 2009 年后先后逐步达到中度协调,2016 年研究样本城市全部实现中度协调。虽然 2003—2016 年这 14 年来内蒙古城市化-社会经济-生态环境符合系统的耦合协调发展水平不断提高,但距离良好协调状态仍然存在一定差距,生态环境子系统和社会经济子系统对城市化产生的制约作用影响显著。

关键词:内蒙古;城市化经济生态;耦合协调;时空耦合关系

中图分类号: F299.27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)02-0287-07

随着近年来内蒙古社会经济的快速发展,城市化的快速增长,资源利用规模持续扩大,工业污染和生活污染等也在迅速加剧,给生态环境带来了巨大压力,生态环境恶化和自然资源的减少,将会削弱地区经济可持续发展的支撑能力,抑制城市化发展。在党的十八大报告中也提出了要把生态文明建设作为社会经济建设的重要方向,把生态文明理念融入到城市化全过程,协同有序处理好经济社会发展与生态环境保护的关系,处理好现阶段快速城市化进程与生态环境建设与保护的关系,已经成为内蒙古自治区走生态可持续发展社会主义道路,实现新型城镇化建设目标的必然趋势和现实选择。在这样的背景下,以内蒙古 9 个主要城市作为研究对象,构建了复合系统协调发展评价模型,依据耦合度和耦合协调度模型,以时空尺度定量分析和识别其协调发展的现状及演化趋势,剖析内蒙古城市化、社会经济与生态环境的耦合协调发展机制,探讨和丰富城市化、社会经济与生态环境 3 个系统的交互耦合理论和耦合协调演变规律,持续推进健康有序的新型城镇化进程,对于有效提升内蒙古城市

化、社会经济、生态环境质量与效率,贯彻并推动落实内蒙古自治区社会经济发展思路,指导和实现生态环境优先发展的新型城镇化建设有着重要意义。

综合现有研究成果分析,大部分研究侧重于从城市化与经济发展^[1-2]、城市化与生态环境^[3-6]、经济发展与生态环境^[7-8]等 2 个系统之间的耦合协调状况分析,而将城市化、社会经济与生态环境等 3 个系统纳入同一研究范畴所进行的耦合协调关系实证研究较为鲜见。从现有评价模型构建情况分析,多数研究缺乏对于系统运作机制以及系统要素的充分挖掘,评价指标体系的构建和具体指标的选取不够全面。从时空尺度上对于研究区域内耦合协调演化历程及区域内空间对比分析的研究则更为少见。从具体案例的实践应用层面来看,以内蒙古作为研究对象所进行的城市化、社会经济与生态环境 3 个子系统耦合协调定量分析属于首次尝试与探索。综上所述,本项研究以内蒙古自治区作为研究区域,科学构建复合系统耦合协调发展的评价指标体系,依据耦合度和耦合协调度模型,定量测算了 2003—2016 年 14 年间内蒙古的综合发展值、耦合度和耦合协调度,并对其主要 9 个城市的耦合协调发展演化过程进行动态时空对比与分析,以利于全面掌握内蒙古复合系统的耦合协调发展现状与趋势,以期为内蒙古自治区实现经济持续稳定增长与生态环境健康有序协调的新型城镇化建设提供理

收稿日期:2019-10-16

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(编号:NJSY16313、NJZC17358)。

作者简介:赵永峰(1980—),男,内蒙古包头人,硕士,副教授,从事区域环境评价与管理方向的研究。E-mail:467980853@qq.com。

论支撑与科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

内蒙古自治区位于中国北部边疆,温带大陆性季风气候,土地总面积 118.3 万 km²,2017 年末常住人口为 2 528.6 万人,常住人口城镇化率达 62.0%,全区地区生产总值为 16 103.2 亿元,全社会固定资产投资总额为 14 404.6 亿元,全年完成一般公共预算收入为 1 703.4 亿元,3 次产业比例为 10.2 : 39.8 : 50.0,人均生产总值达到 63 684 元,城镇常住居民人均可支配收入 35 670 元,农村牧区常住居民人均可支配收入 12 584 元。

1.2 数据来源

本研究以内蒙古自治区 9 个市(呼和浩特市、包头市、乌海市、赤峰市、通辽市、鄂尔多斯市、呼伦贝尔市、巴彦淖尔市、乌兰察布市)为研究单元,以 2003—2016 年间城市化、社会经济、生态环境数据为研究对象,分析了 2003 年以来内蒙古自治区 9 个城市的城市化、社会经济与生态环境交互胁迫关系和耦合协调变化特征。本研究数据来源于《中国城市统计年鉴》,充分保证数据的权威性、真实性和可靠性。

1.3 评价体系构建

1.3.1 评价指标体系的构建 城市化、社会经济与生态环境系统是一个由众多要素所组成的层次结构复杂的巨系统,3 个子系统的协调发展程度是由 3 个子系统之间复杂相互作用的综合结果。建立科学完善的评价指标体系实现 3 个子系统耦合协调发展评价的基础,依据 PSR(压力、状态、响应)理论,遵循评价指标选取的有效性、科学性和可操作性等原则,通过频度统计和专家咨询法对所建评价指标体系进行了严苛的筛选,同时充分结合内蒙古自治区的城市区位发展特点,分别构建了城市化、社会经济与生态环境系统评价指标体系(表 1)。

1.3.2 数据标准化处理 本研究采用离差标准化数据处理方法对城市化、社会经济与生态环境指标进行标准化处理,使标准化处理后数据值均介于 0~1 之间,以便于不同单位或量级的指标能够进行比较和加权,

正向指标采用公式: $x_i' = [x_i - \min(x_i)] / [\max(x_i) - \min(x_i)]$;

负向指标采用公式: $x_i' = [\max(x_i) - x_i] /$

$[\max(x_i) - \min(x_i)]$ 。
式中: x_i' 为第 i 个指标的标准值, x_i 为实际值, $\max(x_i)$ 为最大值, $\min(x_i)$ 为最小值。

表 1 内蒙古城市化-社会经济-生态环境评价指标体系

目标层	指标	权重	指标类型
城市化	年末总人口(万人)	0.183	正向指标
	人口自然增长率(%)	0.198	正向指标
	人均地区生产总值(元)	0.191	正向指标
	城市建设用地面积(km ²)	0.187	正向指标
	地区生产总值(亿元)	0.241	正向指标
社会经济	地区生产总值增长率(%)	0.201	正向指标
	规模以上工业总产值(万元)	0.182	正向指标
	第二产业产值占 GDP 的比重(%)	0.202	正向指标
	第三产业产值占 GDP 的比重(%)	0.224	正向指标
	全社会固定资产投资总额(万元)	0.191	正向指标
生态环境	建成区绿化覆盖率(%)	0.202	正向指标
	全年供水总量(万 t)	0.224	负向指标
	全年用电总量(万 kW·h)	0.191	负向指标
	工业废水排放量(万 t)	0.201	负向指标
	工业二氧化硫排放量(万 t)	0.182	负向指标

1.3.3 评价指标权重的确定 本研究采用主观赋权评价法中的层次分析法进行指标权重测算。层次分析法是将系统研究对象分解为若干个目标或准则,然后分解为多指标的若干次级系统层次,通过定性指标模糊量化方法进而定量计算出层次单排序(权重)和总排序,达到多目标、多方案优化决策的系统方法。

1.3.4 综合指数计算方法 经标准化处理后的数据及指标权重,按照线性加权模型 $B_i = \sum_{i=1}^m w_i x_i$ 来计算综合发展指数。式中: B_i 为综合发展指数,代表各个子系统的综合评价得分; w_i 为指标权重; x_i 为标准化处理的值; m 代表指标项数。

1.4 耦合协调发展度评价模型

物理学中关于“耦合”概念的解释是指 2 个或 2 个以上系统或运动形式,通过构成系统元素之间各种相互作用而彼此影响的现象^[9]。为了深入剖析城市化、社会经济与生态环境 3 个系统之间的耦合关系,参考廖重斌等提出的耦合模型^[10],将耦合概念拓展为通过系统内部要素间产生相互影响及作用的现象,耦合协调具体计算公式定义为

$$C = \left\{ \left[\frac{f(x) \cdot g(y) \cdot h(z)}{f(x) + g(y) + h(z)} \right] \right\};$$

$$D = \sqrt{C \times T};$$

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) + \chi h(z)。$$

式中: $f(x)$ 、 $g(y)$ 、 $h(z)$ 分别表示城市化综合发展指

数、社会经济综合发展指数、生态环境综合发展指数,并将系统间相互作用影响强度定义为耦合度 C , C 的值在 0~1 之间, C 值越接近 1,表明城市化、经济发展、生态环境系统之间越协调,反之则越不协调;将系统发展水平的状态定义为耦合协调度 D , D 值越大代表耦合协调发展水平越高。本研究引入综合评价指数 T ,反映三子系统的整体效益; α 、 β 、 χ 为待定权数,本研究城市化、社会经济与生态环境建设同等重要,故认为将其拟定为 $\alpha = \beta = \chi = 1/3$ 。

1.5 耦合度与耦合协调度判别标准

本研究参考国内相关耦合度的判别标准,综合耦合协调度的计算结果,将系统耦合度、耦合协调度设定为如表 2、表 3 所示的等级划分类别。

表 2 耦合度等级类型划分标准

耦合度	C
低水平耦合	≤ 0.3
拮抗	$> 0.3 \sim 0.5$
磨合	$> 0.5 \sim 0.8$
高水平耦合	≥ 0.8

表 3 耦合协调度等级类型划分标准

耦合协调度	D
重度失调	$0.0 \sim 0.2$
中度失调	$> 0.2 \sim 0.4$
勉强协调	$> 0.4 \sim 0.6$
中度协调	$> 0.6 \sim 0.8$
良好协调	$> 0.8 \sim 1.0$

2 结果与分析

2.1 评价结果

首先根据耦合评价模型中的具体方法与步骤,分别计算得到 2003—2016 年内蒙古城市化 - 社会经济 - 生态环境复合系统中的城市化综合发展指数、社会经济综合发展指数与生态环境综合发展指数(表 4)。然后在此基础上根据耦合协调发展模型分别测算出 2003—2016 年内蒙古城市化 - 社会经济 - 生态环境符合系统的耦合协调发展状况,结果见表 5。根据协调发展水平度量标准,对内蒙古城市化 - 社会经济 - 生态环境复合系统 2003—2016 年的协调发展的演化过程及主要城市的耦合协调发展水平进行了协调发展类别的划分与判定。

2.2 内蒙城市化 - 社会经济 - 生态环境系统耦合协调发展时间变化分析

为了更直观地对内蒙古城市化 - 社会经济 - 生态环境复合系统的协调发展状况进行综合评价

分析,将内蒙古自治区 2003—2016 年的耦合协调度测算结果绘制成折线图(图 1),对内蒙古城市化 - 社会经济 - 生态环境耦合协调发展演化趋势进行综合研判与分析。

内蒙古自治区全区整体耦合度、耦合协调度、城市化与社会经济综合发展水平、综合评价指数等指标均呈现为整体波动上升趋势,其中城市化综合发展指数增长波动幅度最大,由 0.145 增长到 0.867,增长 0.722,表现为内蒙古自治区全区整体城市化水平实现了稳步持续快速发展阶段特征,体现为城市化发展优先于社会经济与生态环境的快速城市化发展进程,这与内蒙古自治区全区近些年来城市经济快速发展实际情况相吻合。全区的地区生产总值由 2003 年的 2.196×10^3 亿元增长到 2016 年的 1.939×10^4 亿元,实现的地区生产总值 7.83 倍的快速增长,2016 年全社会固定资产投资总额达到 2003 年的 12 倍,2016 年的规模以上工业总产值达到 1.905×10^8 万元,相比 2003 年实现了 14 倍的增长速度,随着经济的快速发展,城市化水平不断提升,人民生活质量不断提高,人均地区生产总值 2016 年达到 9.20 万元,城市各项基础设施建设、城市绿化覆盖率等得到极大的改善。

内蒙古快速的城市化进程,却未能实现与生态环境建设的协同发展,研究期内全区整体生态环境质量水平大致表现为“V”形曲线波动变化特征趋势,全面反映出内蒙古自治区全区在社会经济快速增长的巨大推动作用下,生态环境对其社会经济的快速城市化发展产生了一定的响应,2003 年全区生态环境质量最优,为全区社会经济的快速城市化发展提供了良好的生态环境基础,2003—2005 年社会经济整体发展水平不高,增长幅度相对较小,城市化发展进程滞后于经济发展,自 2005 年以后,社会经济波动运行发展,城市各项基础设施建设的资金投入也在逐年持续增加,带动整体城市化综合发展水平增长幅度加快。伴随着快速的社会经济发展进程,生态环境压力持续增大,自然生态环境对于经济发展产生了较强的负响应,表现出了显著持续下降趋势,生态环境综合发展指数波动较大,其中 2011 年达到生态环境质量最低值,生态环境对于城市化表现出较为深刻的负向响应阶段特征。与此同时,生态环境对于城市化也产生了消极的制约作用机制,上述研究结果充分说明复合系统子系统之间存在着极其复杂的交互作用。

表 4 2003—2016 年内蒙古各子系统发展水平测算结果

年份	内蒙古				呼和浩特				包头				乌海				赤峰				通辽				鄂尔多斯				呼伦贝尔				巴彦淖尔				乌兰察布																							
	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$\bar{f}(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$	$f(x)$	$g(y)$	$h(z)$																								
2003	0.145	0.365	0.741	0.119	0.520	0.758	0.293	0.554	0.512	0.136	0.478	0.649	0.183	0.337	0.834	0.128	0.337	0.841	0.069	0.392	0.742	0.337	0.266	0.818	0.114	0.323	0.838	0.088	0.380	0.673	0.145	0.365	0.741	0.119	0.520	0.758	0.293	0.554	0.512	0.136	0.478	0.649	0.183	0.337	0.834	0.128	0.337	0.841	0.069	0.392	0.742	0.337	0.266	0.818	0.114	0.323	0.838	0.088	0.380	0.673
2004	0.123	0.421	0.615	0.183	0.532	0.554	0.085	0.572	0.483	0.166	0.550	0.593	0.145	0.438	0.603	0.198	0.342	0.750	0.094	0.505	0.637	0.352	0.421	0.750	0.083	0.439	0.764	0.153	0.247	0.665	0.123	0.421	0.615	0.183	0.532	0.554	0.085	0.572	0.483	0.166	0.550	0.593	0.145	0.438	0.603	0.198	0.342	0.750	0.083	0.439	0.764	0.153	0.247	0.665						
2005	0.139	0.445	0.555	0.205	0.568	0.527	0.127	0.536	0.662	0.248	0.476	0.537	0.177	0.387	0.550	0.051	0.442	0.621	0.143	0.444	0.447	0.351	0.458	0.660	0.203	0.499	0.646	0.195	0.369	0.579	0.139	0.445	0.555	0.205	0.568	0.527	0.127	0.536	0.662	0.248	0.476	0.537	0.177	0.387	0.550	0.051	0.442	0.621	0.143	0.444	0.447	0.351	0.458	0.660	0.203	0.499	0.646	0.195	0.369	0.579
2006	0.287	0.429	0.507	0.227	0.513	0.543	0.231	0.504	0.424	0.301	0.408	0.506	0.287	0.415	0.565	0.278	0.426	0.690	0.247	0.432	0.420	0.409	0.407	0.574	0.343	0.503	0.494	0.320	0.390	0.523	0.287	0.429	0.507	0.227	0.513	0.543	0.231	0.504	0.424	0.301	0.408	0.506	0.287	0.415	0.565	0.278	0.426	0.690	0.247	0.432	0.420	0.409	0.407	0.574	0.343	0.503	0.494	0.320	0.390	0.523
2007	0.468	0.488	0.485	0.378	0.532	0.821	0.483	0.495	0.450	0.389	0.440	0.390	0.439	0.516	0.570	0.400	0.495	0.590	0.398	0.479	0.571	0.469	0.416	0.543	0.420	0.536	0.508	0.479	0.437	0.427	0.468	0.488	0.485	0.378	0.532	0.821	0.483	0.495	0.450	0.389	0.440	0.390	0.439	0.516	0.570	0.400	0.495	0.590	0.398	0.479	0.571	0.469	0.416	0.543	0.420	0.536	0.508	0.479	0.437	0.427
2008	0.560	0.377	0.429	0.419	0.360	0.772	0.542	0.403	0.506	0.444	0.301	0.437	0.541	0.365	0.520	0.509	0.375	0.382	0.491	0.363	0.535	0.519	0.306	0.713	0.588	0.458	0.451	0.534	0.324	0.359	0.560	0.377	0.429	0.419	0.360	0.772	0.542	0.403	0.506	0.444	0.301	0.437	0.541	0.365	0.520	0.509	0.375	0.382	0.491	0.363	0.535	0.519	0.306	0.713	0.588	0.458	0.451	0.534	0.324	0.359
2009	0.529	0.621	0.421	0.465	0.564	0.677	0.554	0.620	0.544	0.506	0.584	0.476	0.576	0.584	0.519	0.577	0.569	0.359	0.489	0.616	0.617	0.492	0.570	0.548	0.378	0.705	0.357	0.569	0.544	0.403	0.529	0.621	0.421	0.465	0.564	0.677	0.554	0.620	0.544	0.506	0.584	0.476	0.576	0.584	0.519	0.577	0.569	0.359	0.489	0.616	0.617	0.492	0.570	0.548	0.378	0.705	0.357	0.569	0.544	0.403
2010	0.572	0.654	0.407	0.478	0.545	0.545	0.457	0.637	0.480	0.565	0.641	0.453	0.449	0.629	0.572	0.537	0.613	0.324	0.714	0.641	0.424	0.491	0.663	0.354	0.682	0.683	0.389	0.539	0.544	0.361	0.572	0.654	0.407	0.478	0.545	0.545	0.457	0.637	0.480	0.565	0.641	0.453	0.449	0.629	0.572	0.537	0.613	0.324	0.714	0.641	0.424	0.491	0.663	0.354	0.682	0.683	0.389	0.539	0.544	0.361
2011	0.731	0.715	0.233	0.620	0.569	0.452	0.730	0.711	0.265	0.623	0.685	0.188	0.729	0.713	0.438	0.732	0.658	0.323	0.713	0.704	0.533	0.589	0.698	0.605	0.677	0.718	0.325	0.654	0.649	0.202	0.731	0.715	0.233	0.620	0.569	0.452	0.730	0.711	0.265	0.623	0.685	0.188	0.729	0.713	0.438	0.732	0.658	0.323	0.713	0.704	0.533	0.589	0.698	0.605	0.677	0.718	0.325	0.654	0.649	0.202
2012	0.650	0.644	0.457	0.535	0.465	0.553	0.775	0.679	0.404	0.657	0.690	0.556	0.759	0.665	0.508	0.811	0.602	0.108	0.616	0.589	0.681	0.493	0.597	0.477	0.724	0.590	0.413	0.639	0.561	0.278	0.650	0.644	0.457	0.535	0.465	0.553	0.775	0.679	0.404	0.657	0.690	0.556	0.759	0.665	0.508	0.811	0.602	0.108	0.616	0.589	0.681	0.493	0.597	0.477	0.724	0.590	0.413	0.639	0.561	0.278
2013	0.834	0.697	0.407	0.845	0.581	0.550	0.803	0.633	0.349	0.786	0.607	0.616	0.886	0.721	0.467	0.803	0.665	0.228	0.816	0.718	0.517	0.701	0.732	0.357	0.818	0.651	0.374	0.617	0.726	0.487	0.834	0.697	0.407	0.845	0.581	0.550	0.803	0.633	0.349	0.786	0.607	0.616	0.886	0.721	0.467	0.803	0.665	0.228	0.816	0.718	0.517	0.701	0.732	0.357	0.818	0.651	0.374	0.617	0.726	0.487
2014	0.885	0.707	0.472	0.869	0.587	0.377	0.815	0.662	0.702	0.736	0.611	0.604	0.923	0.653	0.326	0.860	0.703	0.168	0.794	0.711	0.499	0.858	0.680	0.106	0.863	0.746	0.447	0.743	0.589	0.885	0.707	0.472	0.869	0.587	0.377	0.815	0.662	0.702	0.736	0.611	0.604	0.923	0.653	0.326	0.860	0.703	0.168	0.794	0.711	0.499	0.858	0.680	0.106	0.863	0.746	0.447	0.743	0.589		
2015	0.813	0.648	0.516	0.873	0.568	0.608	0.766	0.586	0.606	0.501	0.620	0.672	0.907	0.677	0.389	0.739	0.611	0.593	0.871	0.642	0.400	0.758	0.712	0.092	0.770	0.671	0.520	0.736	0.660	0.540	0.813	0.648	0.516	0.873	0.568	0.608	0.766	0.586	0.606	0.501	0.620	0.672	0.907	0.677	0.389	0.739	0.611	0.593	0.871	0.642	0.400	0.758	0.712	0.092	0.770	0.671	0.520	0.736	0.660	0.540
2016	0.867	0.671	0.673	0.912	0.597	0.602	0.776	0.602	0.799	0.590	0.503	0.757	0.968	0.694	0.564	0.766	0.657	0.720	0.915	0.656	0.457	0.780	0.701	0.497	0.796	0.700	0.686	0.743	0.666	0.590	0.867	0.671	0.673	0.912	0.597	0.602	0.776	0.602	0.799	0.590	0.503	0.757	0.968	0.694	0.564	0.766	0.657	0.720	0.915	0.656	0.457	0.780	0.701	0.497	0.796	0.700	0.686	0.743	0.666	0.590

表 5 2003—2016 年内蒙古复合系统耦合协调发展度测算结果

年份	内蒙古				呼和浩特				包头				乌海				赤峰				通辽				鄂尔多斯				呼伦贝尔				巴彦淖尔				乌兰察布																							
	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D	T	C	D																								
2003	0.417	0.455	0.436	0.466	0.465	0.465	0.453	0.568	0.507	0.421	0.465	0.442	0.451	0.485	0.467	0.435	0.437	0.436	0.401	0.368	0.384	0.474	0.537	0.504	0.425	0.417	0.421	0.380	0.390	0.385	0.417	0.455	0.436	0.466	0.465	0.465	0.453	0.568	0.507	0.421	0.465	0.442	0.451	0.485	0.467	0.435	0.437	0.436	0.401	0.368	0.384	0.474	0.537	0.504	0.425	0.417	0.421	0.380	0.390	0.385
2004	0.386	0.435	0.410	0.423	0.504	0.462	0.380	0.396	0.388	0.436	0.499	0.467	0.396	0.460	0.427	0.430	0.491	0.460	0.412	0.418	0.415	0.507	0.603	0.553	0.429	0.403	0.415	0.355	0.413	0.383	0.386	0.435	0.410	0.423	0.504	0.462	0.380	0.396	0.388	0.436	0.499	0.467	0.396	0.460	0.427	0.430	0.491	0.460	0.412	0.418	0.415	0.507	0.603	0.553	0.429	0.403	0.415	0.355	0.413	0.383
2005	0.379	0.449	0.413	0.433	0.521	0.475	0.442	0.467	0.454	0.420	0.532	0.473	0.371	0.466	0.416	0.371	0.335	0.353	0.345	0.436	0.388	0.489	0.600	0.542	0.449	0.526	0.486	0.381	0.478	0.427	0.379	0.449	0.413	0.433	0.521	0.475	0.442	0.467	0.454	0.420	0.532	0.473	0.371	0.466	0.416	0.371	0.335	0.353	0.345	0.436	0.388	0.489	0.600	0.542	0.449	0.526	0.486	0.381	0.478	0.427
2006	0.408	0.535	0.467	0.428	0.529	0.476	0.386	0.504	0.441	0.405	0.535	0.466	0.422	0.542	0.478	0.465	0.560	0.510	0.366	0.496	0.426	0.464	0.591	0.524	0.447	0.576	0.507	0.411	0.541	0.472	0.408	0.535	0.467	0.428	0.529	0.476	0.386	0.504	0.441	0.405	0.535	0.466	0.422	0.542	0.478	0.465	0.560	0.510	0.366	0.496	0.426	0.464	0.591	0.524	0.447	0.576	0.507	0.411	0.541	0.472
2007	0.480	0.613	0.543	0.577	0.659	0.617	0.476	0.609	0.538	0.407	0.548	0.472	0.508	0.633	0.567	0.495	0.618	0.553	0.483	0.609	0.542	0.476	0.606	0.537	0.488	0.617	0.549	0.447	0.584	0.511	0.480	0.613	0.543	0.577	0.659	0.617	0.476	0.609	0.538	0.407	0.548	0.472	0.508	0.633	0.567	0.495	0.618	0.553	0.483	0.609	0.542	0.476	0.606	0.537	0.488	0.617	0.549	0.447	0.584	0.511
2008	0.455	0.584	0.515	0.517	0.608	0.561	0.484	0.611	0.544	0.394	0.529	0.457	0.475	0.600	0.534	0.422	0.557	0.485	0.463	0.591	0.523	0.513	0.605	0.557	0.499	0.624	0.558	0.405	0.535	0.466	0.455	0.584	0.515	0.517	0.608	0.561	0.484	0.611	0.544	0.394	0.529	0.457	0.475	0.600	0.534	0.422	0.557	0.485	0.463	0.591	0.523	0.513	0.605	0.557	0.499	0.624	0.558	0.405	0.535	0.466
2009	0.524	0.642	0.580	0.569	0.679	0.621	0.573	0.689	0.628	0.522	0.646	0.580	0.560	0.678	0.616	0.502	0.617	0.557	0.574	0.687	0.628	0.536	0.659	0.594	0.480	0.583	0.529	0.505	0.627	0.563	0.524	0.642	0.580	0.569	0.679	0.621	0.573	0.689	0.628	0.522	0.646	0.580	0.560	0.678	0.616	0.502	0.617	0.557	0.574	0.687	0.628	0.536	0.659	0.594	0.480	0.583	0.529	0.505	0.627	0.563
2010	0.544	0.654	0.597	0.523	0.648	0.582	0.525	0.643	0.581	0.553	0.667	0.607	0.550	0.665	0.605	0.492	0.601	0.544	0.593	0.689	0.639	0.502	0.612	0.554	0.585	0.677	0.629	0.481	0.604	0.539	0.544	0.654	0.597	0.523	0.648	0.582	0.525	0.643	0.581	0.553	0.667	0.607	0.550	0.665	0.605	0.492	0.601	0.544	0.593	0.689	0.639	0.502	0.612	0.554	0.585	0.677	0.629	0.481	0.604	0.539
2011	0.560	0.602	0.580	0.547	0.663	0.602	0.569	0.623	0.595	0.499	0.544	0.521	0.627	0.714	0.669	0.571	0.648	0.609	0.650	0.744	0.695	0.631	0.733	0.680	0.573	0.651	0.611	0.502	0.555	0.528	0.560	0.602	0.580	0.547	0.663	0.602	0.569	0.623	0.595	0.499	0.544	0.521	0.627	0.714	0.669	0.571	0.648	0.609	0.650	0.744	0.695	0.631	0.733	0.680	0.573	0.651	0.611	0.502	0.555	0.528
2012	0.584	0.689	0.634	0.518	0.643	0.577	0.620	0.701	0.659	0.634	0.735	0.683	0.644	0.736	0.688	0.507	0.471	0.489	0.629	0.733	0.679	0.522	0.645	0.580	0.575	0.674	0.623	0.493	0.587	0.538	0.584	0.689	0.634	0.518	0.643	0.577	0.620	0.701	0.659	0.634	0.735	0.683	0.644	0.736	0.688	0.507	0.471	0.489	0.629	0.733	0.679	0.522	0.645	0.580	0.575	0.674	0.623	0.493	0.587	0.538
2013	0.646	0.715	0.680	0.659	0.743	0.699	0.595	0.668	0.631	0.670	0.760	0.713	0.692	0.756	0.723	0.565	0.599	0.582	0.683	0.762	0.722	0.597	0.675	0.634	0.615	0.687	0.650	0.610	0.710	0.658	0.646	0.715	0.680	0.659	0.743	0.699	0.595	0.668	0.631	0.670	0.760	0.713	0.692	0.756	0.723	0.565	0.599	0.582	0.683	0.762	0.722	0.597	0.675	0.634	0.615	0.687	0.650	0.610	0.710	0.658
2014	0.688	0.754	0.720	0.611	0.680	0.645	0.726	0.805	0.765	0.651	0.748	0.697	0.634	0.677	0.655	0.577	0.561	0.569	0.668	0.750	0.708	0.548	0.483	0.514	0.685	0.749	0.716	0.658	0.753	0.704	0.688	0.754	0.720	0.611	0.680	0.645	0.726	0.805	0.765	0.651	0.748	0.697	0.634	0.677	0.655	0.577	0.561	0.569	0.668	0.750	0.708	0.548	0.483	0.514	0.685	0.749	0.716	0.658	0.753	0.704
2015	0.659	0.744	0.700	0.683	0.762	0.721	0.653	0.747	0.698	0.598	0.704	0.649	0.658	0.713	0.685	0.647	0.745	0.694	0.638	0.705	0.671	0.521	0.456	0.487	0.654	0.743	0.697	0.645	0.741	0.691	0.659	0.744	0.700	0.683	0.762	0.721	0.653	0.747	0.698	0.598	0.704	0.649	0.658	0.713	0.685	0.647	0.745	0.694	0.638	0.705	0.671	0.521	0.456	0.487	0.654	0.743	0.697	0.645	0.741	0.691
2016	0.737	0.810	0.773	0.703	0.775	0.738	0.725	0.801	0.762	0.617	0.714	0.664	0.742	0.799	0.770	0.715	0.798	0.755	0.676	0.740	0.707	0.659	0.744	0.700	0.728	0.807	0.766	0.760	0.711	0.716	0.737	0.810	0.773	0.703	0.775	0.738	0.725	0.801	0.762	0.617	0.714	0.664	0.742	0.799	0.770	0.715	0.798	0.755	0.676	0.740	0.707	0.659	0.744	0.700	0.728	0.807	0.766	0.760	0.711	

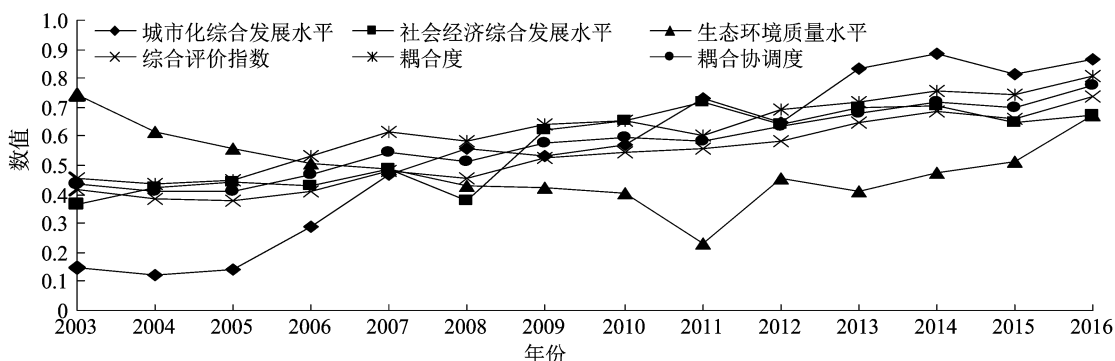


图1 2003—2016 年内蒙古城市化-社会经济-生态环境耦合协调度变化趋势

内蒙古自治区全区综合评价指数表现为波动增长变化趋势,在研究期内增长幅度只有 0.32,较为平稳。耦合度、耦合协调度水平时序变化特征表现为随时间变化小幅波动上升趋势,系统耦合过程随年际变化逐步由拮抗阶段(2003—2005 年)、磨合阶段(2006—2015 年),向高水平耦合阶段(2016 年)演化,耦合度水平处在 0.455~0.810 之间,耦合度增长幅度不大,但耦合度得分随年际波动变化而向更高水平耦合演化趋势良好,内蒙古城市化-社会经济-生态环境系统将进入更高水平耦合发展阶段。内蒙古自治区全区协调发展经历了 2003—2011 年较长时期的勉强协调之后,于 2012 年开始转变为中度协调阶段,耦合协调发展度得分由 0.410 增长到 0.773,得分增长 0.363,增长速度及幅度较小,但耦合协调发展度得分随年际波动变化

趋势良好,增长趋势与耦合度年际变化趋势较为一致,若内蒙古自治区社会经济发展形势能够继续稳定发展,并始终保持持续高增长态势,充分注重全区城市化与生态环境的协同可持续发展,近年内全区耦合度、耦合协调度必然会向更高级阶段的高水平耦合与良好协调阶段发展。

2.4 内蒙古城市化-社会经济-生态环境系统综合发展水平时空格局演变分析

为了更清晰认识内蒙城市城市化-社会经济-生态环境系统综合发展水平时空格局演变特征,将内蒙古自治区 2003—2016 年耦合协调度测算结果绘制成折线图(图 2 至图 4),本研究选取 2003 年、2010 年和 2016 年 3 个自然年份 9 个地级市的城市化-社会经济-生态环境系统做空间格局的演变过程分析。

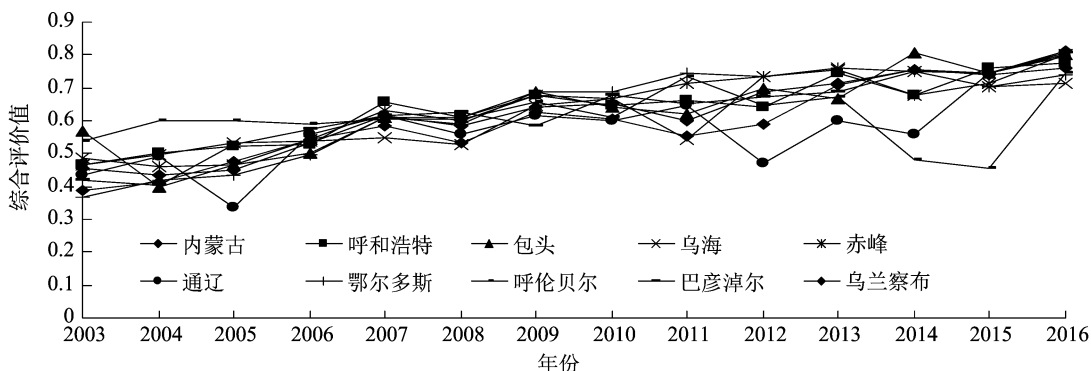


图2 2003—2016 年内蒙古城市化-社会经济-生态环境综合评价值的时序变化

从城市化-社会经济-生态环境综合评价值的时序变化来看,内蒙古 9 个主要地级城市综合评价指数、耦合度、耦合协调度等呈现波动上升态势。2003 年 9 个城市中有 8 个城市(除呼伦贝尔市)表现为生态环境优先发展、城市化滞后发展类型,各地级市社会经济整体发展水平不高,全社会固定资产投资总额不足,城市各项基础设施建设滞后,整体城市化水平不高,综合评价值得分为介于

0.380~0.466 的较低分值。随着近年来各地级城市社会经济的持续快速发展,地区城市生产总值稳步提升,大量的城市建设资金逐年投入到城市基础设施建设与城市发展中,表现为快速城市化发展阶段。从耦合协调类型的演化过程分析可知,2009 年 9 个地级城市同时发展成为城市社会经济超前发展型耦合系统,各城市经济发展规模与效益逐年增强,逐步形成了基础设施建设与生态环境治理的经济

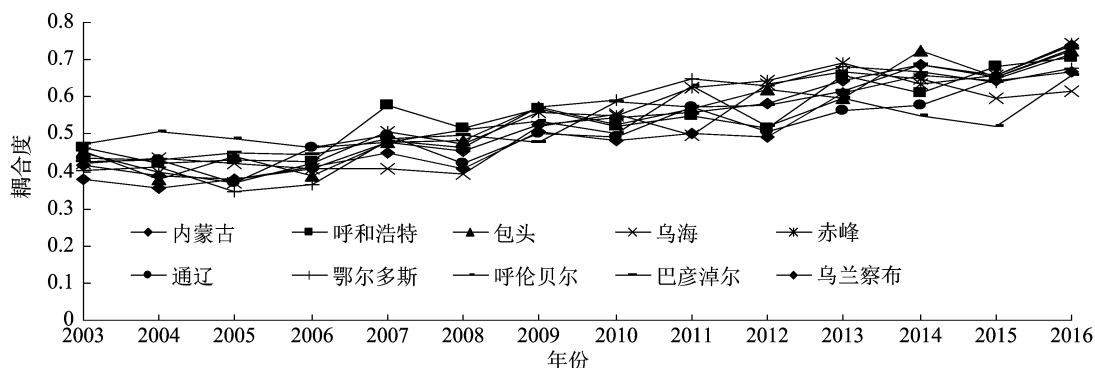


图3 2003—2016 年内蒙古城市化-社会经济-生态环境耦合度时序变化

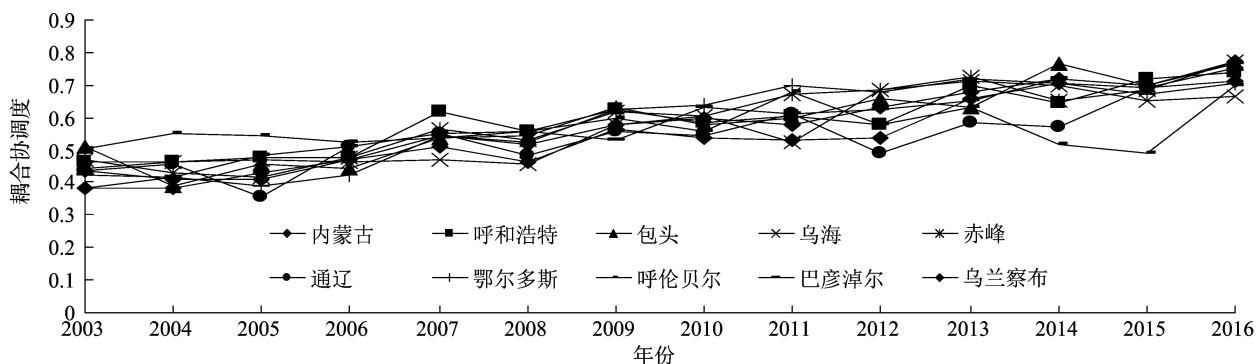


图4 2003—2016 年内蒙古城市化-社会经济-生态环境耦合协调度时序变化

反哺良性循环,实现了城市化、社会经济与生态环境的协同发展阶段。2016 年呼和浩特市、赤峰市、通辽市、鄂尔多斯市、呼伦贝尔市、巴彦淖尔市、乌兰察布市等 7 个城市,发展为城市化发展超前型耦合系统,包头市、乌海市发展为生态环境超前型耦合系统。

综合对比 9 个地级城市城市化-社会经济-生态环境系统耦合度、耦合协调度的判断标准,发现各城市之间存在较大差异,其中呼和浩特、乌海、赤峰、鄂尔多斯、乌兰察布等 5 市耦合度过程只经历了拮抗-磨合阶段,且磨合过程长期持续;包头市耦合度过程经历了磨合-拮抗-磨合-高水平耦合-磨合-高水平耦合的复杂耦合度过程;通辽市耦合度过程表现为拮抗-磨合-拮抗-磨合;呼伦贝尔市耦合度过程表现为磨合-拮抗-磨合;巴彦淖尔市耦合度过程表现为拮抗-磨合-高水平耦合。2003 年各地级市耦合度较低,包头、呼伦贝尔属磨合耦合阶段,呼和浩特、乌海、赤峰、通辽、鄂尔多斯、巴彦淖尔、乌兰察布等 7 市属拮抗耦合阶段。2010 年内蒙古 9 个地市均表现为磨合耦合发展阶段,这与 9 个城市的社会经济持续发展紧密相关,经济的快速发展促进了城市化进程的加速,城市生态环境建设资金投入逐年增加,表现为城市化-社会

经济-生态环境系统较低水平的协同发展阶段特征。2016 年包头市、巴彦淖尔市表现为高水平耦合,耦合度分别达到 0.801、0.807,但仍处于高水平耦合阶段的发展初期,而其余 7 个城市表现为磨合耦合度特征。

耦合协调发展情况涉及勉强协调和中度协调发展 2 种类型,9 个地级城市的耦合协调发展水平呈现为缓慢波动上升趋势,但城市之间存在较大差异,其中通辽市耦合协调度演化过程波动变化最大。2003 年鄂尔多斯与乌兰察布 2 市耦合协调度为中度失调,其余 7 市处于勉强协调阶段。2010 年中度协调城市增加为 4 个,分别为乌海、赤峰、鄂尔多斯、巴彦淖尔,其余 5 个城市处于勉强协调阶段。2016 年 9 个地级城市全部处于中度协调阶段,耦合协调度得分排序依次为赤峰、巴彦淖尔、包头、通辽、呼和浩特、乌兰察布、鄂尔多斯、呼伦贝尔、乌海。其中赤峰、包头、巴彦淖尔 3 个市的耦合度、耦合协调度均排名前 3 位,反映出这 3 个市在社会经济的持续发展进程中,不但充分注重城市基础设施的城市建设活动,而且对于城市生态环境的改善也进行了全面提升,城市化-社会经济-生态环境系统始终处于协同发展过程中,表现为较高水平的耦合协调发展态势。

3 结论与讨论

本研究以内蒙古全区及 9 个主要城市为研究对象,构建城市化-社会经济-生态环境的评价指标体系,运用层次分析法、耦合协调度模型,定量测算了 2003—2016 年内蒙古的综合发展值、耦合度和耦合协调度,并对测算结果进行了量化时空对比分析。结果表明,内蒙城市化-社会经济-生态环境系统协调发展水平呈不断提高的趋势,经历较长时间尺度(2003—2011 年)的勉强协调,2012 年由量变转化为质变提高到中度协调状态。虽然全区整体协调发展水平持续提升,但距离达到和实现良好协调状态仍然具有很大的提升空间。综合分析复合系统中各子系统的发展特征可知,内蒙古自治区得天独厚的优良自然生态环境条件,为全区的经济建设和社会发展提供了良好的资源环境基础,但是,持续增长的经济增长过程中对于自然生态环境的破坏日益严重,生态环境对于城市化与经济发展也产生了较强的负向响应,协调发展类型由过去的生态环境优先发展型逐渐演化发展为生态环境滞后型,生态环境的治理、建设与保护将会在较长时间尺度内成为制约复合系统协调发展的关键所在。

从空间分布上来看,内蒙古中部地区鄂尔多斯、包头、呼和浩特 3 个市经济发展状况良好,呈现出强劲的增长态势,长期领先全区经济,这与呼包鄂经济圈的区域协同发展密切相关,包头市在 2016 年已发展成为生态优先发展类型,耦合度达到高水平耦合状态,而呼和浩特与鄂尔多斯城市生态环境建设相对滞后,生态环境现已成为制约其经济增长和城市化进程的较大阻力,耦合度长期维持在磨合状态,今后的快速城市化过程中需要更加注重生态环境质量和效率的提升。内蒙古东部地区通辽、赤峰、呼伦贝尔 3 个市处于全区经济发展第 2 集团,城市化进程发展较快,生态环境受经济发展的影响波动,随着城市化快速发展,生态环境压力迅速增大,呈现为逐步下降趋势,生态环境建设长期滞后于城市化进程,其中赤峰市城市化指数得分最高,但这一优势并没有提升复合系统的耦合协调发展状态,脆弱的自然生态环境是制约赤峰市整体协调发展现状的主要原因。内蒙古西部地区巴彦淖尔、乌海

及位于中部的乌兰察布 3 个市处于全区经济发展最后集团,社会经济整体发展水平不高,工业经济发展不足,城市化进程长期发展滞后,生态环境建设与保护资金投入不足,导致系统整体协调发展状况不高。

综上所述,城市化、社会经济与生态环境之间存在着密切的相互驱动响应关系,其中社会经济对城市化产生的驱动影响较大,生态环境是制约系统耦合过程向更高级阶段演化的重要限制性因素。为实现内蒙古城市化-社会经济-生态环境协调发展,全区各城市必须充分抓住国家西部大开发和“一带一路”建设的良好契机,充分发挥各市的优势资源,全面合理布局产业结构,推动产业转型和技术升级,逐步转变经济发展模式,积极推进全区的生态文明建设,构建生态环境协同治理联盟,加强城市及区域间的合作与共享,协同进行环境治理与生态修复,共建文明和谐生态大环境,持续推进资源节约型和环境友好型社会建设,稳步提升城市化效率与质量,尽快实现城市化、社会经济与生态环境复合系统的优质高度协调发展。

参考文献:

- [1] 陈明星,陆大道,刘 慧. 中国城市化与经济发展水平关系的省际格局[J]. 地理学报,2010,65(12):1443-1453.
- [2] 黄木易,程志光. 区域城市化与社会经济耦合发展度的时空特征分析——以安徽省为例[J]. 经济地理,2012,32(2):77-81.
- [3] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报,2005,20(1):105-112.
- [4] 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,2003,22(2):211-220.
- [5] 乔 标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报,2005,25(11):3003-3009.
- [6] 方创琳,杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. 干旱区地理,2006,29(1):1-8.
- [7] 王 静,韩增林,彭 飞. 北方农牧交错带社会经济与生态环境耦合协调分析[J]. 资源开发与市场,2014,30(4):430-433.
- [8] 丁金梅,文 琦. 陕北农牧交错区生态环境与经济协调发展评价[J]. 干旱区地理,2010,33(1):136-143.
- [9] 马 丽,金凤君,刘 毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. 地理学报,2012,67(10):1299-1307.
- [10] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2):171-177.