

刘贺贺,杨青山,张郁.东北地区城镇化与生态环境的脱钩分析[J].地理科学,2016,36(12):1860-1869.[Liu Hehe, Yang Qingshan, Zhang Yu. Urbanization and Ecological Environment Effect in Northeast China Based on Decoupling Analysis. Scientia Geographica Sinica,2016,36(12):1860-1869.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.12.011

东北地区城镇化与生态环境的脱钩分析

刘贺贺^{1,2},杨青山^{2,3},张郁^{2,3}

(1.内蒙古农业大学经济管理学院,内蒙古 呼和浩特 010019; 2.东北师范大学地理科学学院,吉林 长春 130024; 3.东北师范大学城镇化与区域发展研究中心,吉林 长春 130024)

摘要:以2003~2012年东北地区34个地级市数据为基础^①,通过构建城镇化指数、生态环境压力指数,分析东北地区的城镇化发展及生态环境压力发展的时空演变特征,测度东北地区城镇化与生态环境的脱钩指数,判断其城镇化与生态环境的脱钩关系并探讨其发生变化的影响因素。结果表明:①生态环境压力是城镇化累积作用的结果,呈现出一定的时空滞后效应;②近10 a来,东北地区的城市发展经历了城镇化与生态环境由脱钩状态为主体向脱钩状态与负脱钩状态并举的演变过程,城市个体城镇化对生态环境效应的稳定性差;③投资驱动、资源型经济、生态环境倒逼和创新转型驱动等是东北地区城镇化对生态环境产生脱钩差异的根本原因。资源型经济和投资驱动是城镇化对生态环境产生压力的主要动因;生态环境倒逼和创新转型发展是摆脱城镇化对生态环境压力的关键动力。

关键词:城镇化;生态环境;脱钩分析;东北地区

中图分类号:F129.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2016)12-1860-10

新世纪以来,快速城镇化的推进在全国引发了一系列的环境问题,一方面新城、工业园区等建设带来了资源浪费;另一方面,诸如沙尘暴、雾霾等污染事件引起广泛关注。2014年《国家新型城镇化规划》提出将生态文明理念全面融入到城镇化进程中。东北地区城镇化发展对资源环境的依赖较强^[1],当务之急是判断城镇化与生态环境的耦合关系及其效应。国内外关于城镇化与生态环境相互作用关系的研究成果较为丰富。国外学者主要是应用环境库茨涅茨曲线、“压力-状态-响应(PSR)”分析框架和脱钩分析方法,揭示人类活动、经济增长与生态环境的作用关系^[2-4];国内学者主要探讨了城镇化与生态环境系统交互耦合的基本定律、耦合机制及规律^[5,6],提出城镇化与生态环境协调发展的动态耦合模型及判别^[7,8];研究方法多采用耦合、协调度模型、“压力-状态-响应(PSR)”模型等,也有部分学者从产权理论、熵变视角和利益视角出发,对不同尺度区域的城镇化与生态环境

的耦合关系进行分析研究^[9-14]。“脱钩(Decoupling)”源于物理学领域,强调2个或者多个物理量间的作用关系不再存在。目前,脱钩分析已被广泛用于经济增长与资源、能源消耗和资源环境压力^[15-17],经济增长与城市扩张速度、耕地占用、建设用地扩张^[18-20],工业结构演变与环境效应^[21],水资源利用与经济协调发展^[22]等领域研究,大多侧重资源环境要素与经济增长、城市扩张的关系研究,尚无脱钩方法在城镇化与生态环境领域的应用,关于东北地区城镇化与生态环境效应的定量分析也鲜有探讨。本文以2003~2012年的东北地区34个地级市为例,在对城镇化与生态环境综合测度的基础上,借助脱钩模型诊断城镇化与生态环境的相互作用关系,判断东北地区城镇化发展的环境效应。

1 指标体系与研究方法

1.1 指标体系

城镇化发展过程既要求生态环境提供必要的

收稿日期:2015-11-06;**修订日期:**2016-08-15

基金项目:国家自然科学基金项目(41271555)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China(41271555).]

作者简介:刘贺贺(1987-),男,内蒙古锡盟人,博士,主要研究方向为经济地理、城市与区域发展。E-mail: liuhh345@nenu.edu.cn

通讯作者:杨青山,教授。E-mail: yangqs027@nenu.edu.cn

① 本文提及的地级市包括哈尔滨、长春、沈阳和大连4个副省级城市。

能源、资源支撑,又向生态环境释放废物。为准确评价城镇化水平及生态环境压力,参照已有的研究成果^[23,24],同时考虑指标数据的可获得性,构建东北地区城镇化与生态环境评价综合指标体系(表1)。为避免指标体系量纲的差异,使用极差法对数据进行标准化处理,其中,针对指标体系中的正向、负向指标进行不同的处理方式,正向指标 $X'_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$; 负向指标: $X'_{ij} = (X_{jmax} - X_{ij}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ 。

1.2 数据来源

以东北地区(黑龙江省、吉林省、辽宁省)34个地级市为研究对象。研究时间跨度为2003~2012年。文中所采用的数据均来源于《中国城市统计年鉴》^[25](2004~2013年),并对个别年份部分缺失数据进行了调查补充。

1.3 研究方法

1.3.1 城镇化指数

基于城镇化的内涵,可将城镇化过程归纳为人口、空间、经济和社会城镇化4个层面,构建城镇化指数(Urbanization Index),其值越高表明城市的城镇化发展水平、质量越高,反之则表明城镇化水平、质量较低。为便于计算,将上述指标分别按照均等权重处理^[1]。具体模型公式如下:

$$UI = \frac{1}{4}(UPI + USSI + UEI + USI) \quad (1)$$

$$UPI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n UPI_{ij}' \right); USSI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n USSI_{ij}' \right); \quad (2)$$

$$UEI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n UEI_{ij}' \right); USI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n USI_{ij}' \right);$$

式中, UPI 、 $USSI$ 、 UEI 、 USI 分别表示人口城镇化、空间城镇化、经济城镇化和社会城镇化; UPI_{ij}' 、

$USSI_{ij}'$ 、 UEI_{ij}' 、 USI_{ij}' 分别表示人口城镇化、空间城镇化、经济城镇化和社会城镇化的标准化值, n 为指标个数。

1.3.2 生态环境压力指数

构建生态环境压力指数(Eco-environmental pressure Index)反映城市发展过程中区域资源环境的支撑状态及其对环境的压力状态,其值越高表明城镇化发展对生态环境的压力越大,反之亦成立。生态环境压力指数包含资源保障指数和环境压力指数2个分指数,资源保障指数(RSI)主要考虑各类资源、能源供给和生态本底对城镇化的支撑状况;环境压力指数(EPI)表征工业废水排放、工业废气排放和粉尘排放的综合状况,所有指标均按等权重处理^[17],具体模型如下:

$$EEPI = \frac{1}{2}(RSI + EPI) \quad (3)$$

$$RSI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n RSI_{ij}' \right), EPI = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n EPI_{ij}' \right), \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中: $EEPI$ 为资源环境压力指数; RSI 为资源保障指数; EPI 为环境压力指数; RSI_{ij}' 和 EPI_{ij}' 分别表示第*i*个城市第*j*类资源保障评价数据和环境压力评价数据经标准化处理以后的值。

1.3.3 脱钩指数

依据前文关于脱钩模型^[23]的解释,结合本文需要对脱钩指数进行修正,表达式如下:

$$ES_t = \frac{\Delta EEPI_t}{\Delta UI_t} = \frac{(EEPI_e - EEPI_s) / EEPI_s}{(UI_e - UI_s) / UI_s} \quad (5)$$

式中: ES_t 表示*t*时期生态环境对城市发展的脱钩程度; ΔUI_t 和 $\Delta EEPI_t$ 分别表示*t*时期城镇化指数和生态环境压力指数变化率; $EEPI_t$ 和 $EEPI_e$ 分别表

表1 城镇化与生态环境评价综合指标体系

Table 1 Evaluation index system of environment and urbanization

系统	一级指标	二级指标	系统	一级指标	二级指标
城镇化系统 综合指标	人口城镇化	非农业人口占比	生态环境系 统综合指标	资源、能源条件要素	人均全年供水总量
		二、三产业就业人员比重			人均全年用电总量
	空间城镇化	每万人拥有建成区面积		生态保障要素	人均液化石油气供气总量
		人均城市道路面积			建成区绿化覆盖率
	经济城镇化	人均GDP		生态威胁要素	人均拥有绿地面积
		二、三产业增加值占GDP比重			人均工业废水排放量*
社会城镇化		人均社会消费品零售总额			人均工业SO ₂ 排放量*
		人均固定资产投资额			人均工业粉尘排放量*

注:其中带*号的为负向(成本)指标,其余的为正向(效益)指标。

示 t 时期起始年与末年的生态环境压力指数; UI_t 和 UI_e 分别表示 t 时期起始年与末年的城镇化指数;根据Tapio的研究成果^[26],共划分出脱钩、连接、负脱钩三大类,强脱钩、弱脱钩、衰退性脱钩、衰退性连接、扩张性连接、扩张性负脱钩、弱负脱钩、强负脱钩8种状态(表2)。

2 结果与分析

2.1 城镇化发展特征分析

运用公式(1)、(2)计算2003~2012年间东北地区城市的城镇化指数,得出其城镇化特征。

从时间序列变化来看:东北地区的城镇化指数整体呈现倒“U”型下降态势,2009年达到城镇化发展的高潮;34个地级市的城镇化指数呈现显著的差异化特征,并可以分成类“U”型和倒“U”型两类。类“U”型城市主要分布在吉、黑两省的吉林、双鸭山等6座城市,2007年出现城镇化谷值;东北

地区82.35%的地级市城镇化发展呈现倒“U”型发展特征,近期东北地区经济显著下行是其直接反映。吉林省、黑龙江省的城市城镇化指数峰值出现无特定规律;辽宁省除铁岭、朝阳的城镇化指数峰值出现在2011年之外,其他城市的峰值均出现在2007年。值得注意的是大庆的城镇化水平一直处于高水平,属于经济导向性城镇化模式,城镇化发展依赖资源型经济和产业集聚,带动人口流动,促进了社会要素和空间要素的改变^[27];而以大连、长春为代表的大城市则因社会固定投资为主的社会城镇化增幅最大促进城市空间建设,经济城镇化则势弱,人口城镇化平稳。

从空间分布格局来看(图1):东北地区城镇化指数空间格局经历由低水平均衡→高水平集聚→较高水平集聚的特征。2003年,城镇化指数较高的城市集中分布在沈阳、大连、鞍山、长春、吉林、哈尔滨、大庆等传统核心城市;2007年,城镇化指

表2 城镇化与生态环境脱钩程度判断标准

Table 2 The judgment standard of decoupling degree of environment and urbanization

脱钩程度	脱钩(De-coupling)			连接(Inter-linking)		负脱钩(Re-coupling)		
	强脱钩 (DC-I)	弱脱钩 (DC-II)	衰退性脱钩 (DC-III)	衰退性连接 (IL-I)	扩张性连接 (IL-II)	扩张性负脱钩 (RC-I)	弱负脱钩 (RC-II)	强负脱钩 (RC-III)
ΔUI_t	$\Delta UI_t > 0$	$\Delta UI_t > 0$	$\Delta UI_t < 0$	$\Delta UI_t < 0$	$\Delta UI_t > 0$	$\Delta UI_t > 0$	$\Delta UI_t < 0$	$\Delta UI_t < 0$
$\Delta EEPI_t$	$\Delta EEPI_t < 0$	$\Delta EEPI_t > 0$	$\Delta EEPI_t < 0$	$\Delta EEPI_t < 0$	$\Delta EEPI_t > 0$	$\Delta EEPI_t > 0$	$\Delta EEPI_t < 0$	$\Delta EEPI_t > 0$
ES_t	$ES_t < 0$	$0 < ES_t < 0.8$	$ES_t > 1.2$	$0.8 < ES_t < 1.2$	$0.8 < ES_t < 1.2$	$ES_t > 1.2$	$0 < ES_t < 0.8$	$ES_t < 0$

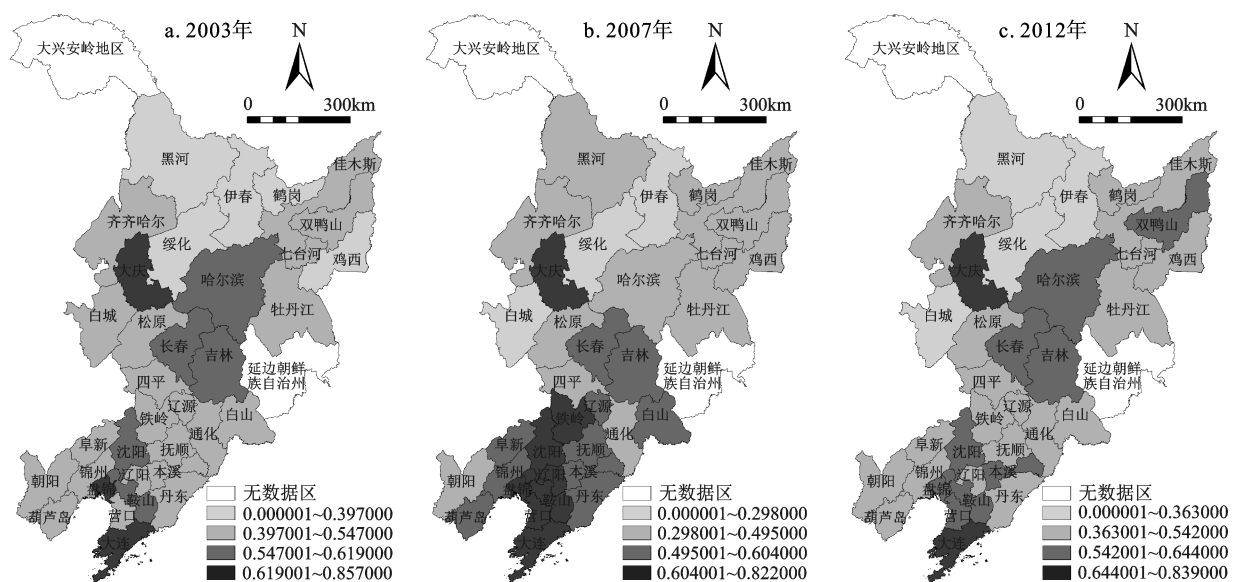


图1 东北地区的城市城镇化指数空间格局

Fig.1 Spatial distribution pattern of urbanization index of cities in Northeast China in 2003-2012

数高值区域以辽中南城市群集中连片分布为主,且与长春、吉林、大庆等高值城市零星分布相结合;2012年,城镇化指数高值集中分布的特征仍显现,除辽宁中南部城市外,北部以哈尔滨和长春为核心,吉林、大庆等高值城市环绕集聚格局明显,高水平城市数量较2007年减少,以较高水平城市集聚为主。辽宁省城镇化整体指数普遍较高,吉林省次之,黑龙江最差。

2.2 生态环境发展特征分析

运用公式(3)、(4)计算2003~2012年间东北地区城市的生态环境压力指数,得出其生态环境压力的格局特征。从时间变化来看,东北地区城市整体的环境发展呈现出逐年增加的特征,34个地级市的生态环境压力指数呈现显著的差异化特征,且依据变化特征可以分为类“U”型、波动式上升型和倒“U”型3类。其中,类“U”型城市占总数的14.70%,包括阜新、吉林、通化、白城、双鸭山等城市,均为资源型城市和生态敏感城市,这些城市的生态环境压力指数谷值出现在2007年左右,反映了在东北振兴后期该类城市的生态环境压力有所回升;波动式上升城市占总数的47.06%,包括沈阳、长春、哈尔滨、大庆等16个城市,生态环境压力不断加大;倒“U”型城市数量占全部城市数量的38.24%,包括大连、鞍山等城市,且往往研究期末年生态环境压力指数水平普遍高于研究初期。

从空间分布格局来看,生态环境压力指数经

历高水平集聚→低水平均衡→较高水平均衡的空间演变特征(图3)。2003年,生态环境压力指数高值区域呈现以吉林省长春、黑龙江省哈尔滨等城市为中心城市的“群”式集聚分布特征,辽宁中南部城市高值区域亦呈现集中分布特征,整体以高值区域集中分布为主;2007年,吉林省、黑龙江省有较多城市退出生态环境压力指数高值区域,辽宁中南部高值集聚分布显著;2012年,以较高水平均衡为主,三省生态环境压力指数较高水平城市连片布局,呈现较高水平的均衡布局。整体来看,生态环境压力指数较高的城市主要布局在松辽平原上,且沿哈大线、哈绥牡齐线贯穿的“T”城市发展走廊,与东北地区传统的城镇化高值区域分布相契合;东北地区的北部、西部、南部沿边城市的生态环境压力指数明显较小,与这些地域一类属于生态敏感区域或者高寒地区,其资源环境承载力限制城市发展;另一类属于地缘政治敏感区域,城市开发作用不明显,生态环境压力也不大。

2.3 脱钩状态判断

考虑以《东北地区振兴规划》实施年为节点,将研究期2003~2012年划分为2003~2007年(T_1)、2008~2012年(T_2)2个时期(表3),分别表示东北振兴规划的前期和后期,开展脱钩状态分析。

T_1 时期内,包括沈阳、营口、吉林在内的14个城市处于脱钩状态,占全部数量的41.18%,包括哈尔滨、齐齐哈尔和长春等城市在内的13个城市处

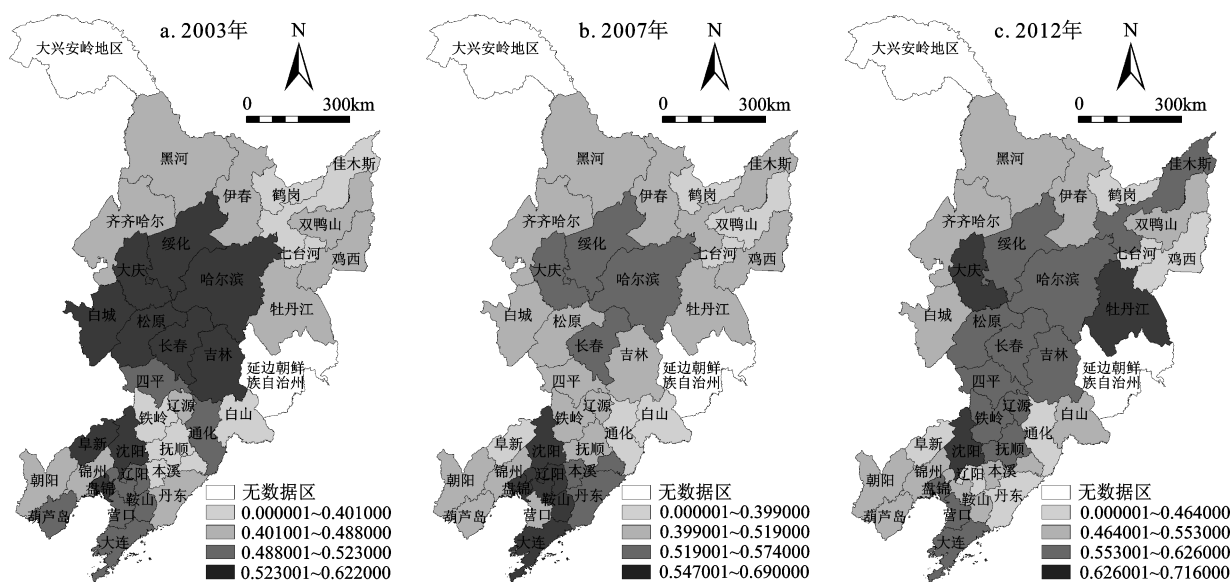


图2 东北地区城市的生态环境压力指数空间格局

Fig.2 Spatial distribution pattern of eco-environmental pressure index of cities in Northeast China during 2003-2012

于负脱钩状态,占全部城市数量的38.24%,处于连接状态城市有7个,占全部城市数量的20.58%,其中6个为扩张性连接,1个为衰退性连接。反映出东北振兴前期以脱钩状态城市为主体,反映了东北振兴前期东北经济发展低迷,城镇化对生态环境压力较小。

T_2 时期内,处于脱钩状态的城市数量达到16个,占城市总数的47.06%。处于负脱钩状态的城市有16个,数量占比达到47.06%。仅长春与黑

河两市处于衰退性连接状态,占比5.88%。反映到东北振兴后期,处于连接状态的城市数量锐减,处于负脱钩状态城市数量与脱钩状态的城市数量相当,促使城镇化对生态环境的压力走向两个极端。

综合表3,东北地区大部分城市的城镇化与生态环境的脱钩关系出现反复,由脱钩到负脱钩,由耦合(负脱钩)到脱钩。城镇化与生态环境的脱钩状态反复更为直观的表明东北地区的城市发展对生态环境处于动态变化和不可持续的状态。

表3 东北地区地级市城镇化与生态环境压力的脱钩程度

Table 3 The decoupling degree between urbanization and eco-environment of cities in Northeast China

城市/指标	T_1 (2003~2007年)				T_2 (2008~2012年)			
	ΔUI	$\Delta EEPI$	ES	状态	ΔUI	$\Delta EEPI$	ES	状态
沈阳市	0.203	0.049	0.240	弱脱钩	-0.053	0.051	-0.962	强负脱钩
大连市	0.155	0.171	1.104	扩张性连接	-0.009	-0.028	3.295	衰退性脱钩
鞍山市	0.158	0.185	1.167	扩张性连接	-0.088	-0.150	1.706	衰退性脱钩
抚顺市	0.123	0.228	1.854	扩张性负脱钩	0.035	0.118	3.386	扩张性负脱钩
本溪市	0.142	0.412	2.892	扩张性负脱钩	0.060	0.243	4.023	扩张性负脱钩
丹东市	0.144	0.148	1.033	扩张性连接	0.040	-0.098	-2.424	强脱钩
锦州市	0.075	0.079	1.046	扩张性连接	0.014	0.077	5.603	扩张性负脱钩
营口市	0.332	-0.002	-0.007	强脱钩	0.005	0.188	35.496	扩张性负脱钩
阜新市	0.175	-0.283	-1.617	强脱钩	0.065	-0.227	-3.514	强脱钩
辽阳市	0.194	0.259	1.334	扩张性负脱钩	-0.042	-0.328	7.812	衰退性脱钩
盘锦市	0.030	0.149	4.966	扩张性负脱钩	-0.080	-0.031	0.390	弱负脱钩
铁岭市	0.346	0.378	1.092	扩张性连接	-0.152	0.105	-0.696	强负脱钩
朝阳市	0.014	0.095	6.800	扩张性负脱钩	0.044	-0.001	-0.019	强脱钩
葫芦岛市	0.130	-0.037	-0.287	强脱钩	-0.009	0.007	-0.698	强负脱钩
长春市	-0.085	-0.040	0.471	弱负脱钩	-0.044	-0.047	1.060	衰退性连接
吉林市	-0.164	-0.275	1.672	衰退性脱钩	-0.003	0.070	-21.072	强负脱钩
四平市	-0.150	-0.100	0.666	弱负脱钩	-0.006	0.066	-12.026	强负脱钩
辽源市	0.008	-0.049	-6.439	强脱钩	-0.064	0.118	-1.845	强负脱钩
通化市	-0.132	-0.279	2.116	衰退性脱钩	-0.022	-0.243	11.215	衰退性脱钩
白山市	0.225	-0.346	-1.537	强脱钩	-0.216	0.827	-3.822	强负脱钩
松原市	-0.031	-0.167	5.366	衰退性脱钩	-0.064	-0.007	0.115	弱负脱钩
白城市	-0.311	-0.150	0.483	弱负脱钩	0.014	-0.014	-0.964	强脱钩
哈尔滨市	-0.214	-0.013	0.061	弱负脱钩	0.080	-0.025	-0.316	强脱钩
齐齐哈尔市	-0.106	0.017	-0.162	强负脱钩	0.071	-0.004	-0.052	强脱钩
鸡西市	0.063	0.063	1.001	扩张性连接	0.075	-0.145	-1.926	强脱钩
鹤岗市	0.095	-0.014	-0.146	强脱钩	0.062	0.032	0.516	弱脱钩
双鸭山市	-0.060	-0.177	2.955	衰退性脱钩	0.293	-0.017	-0.057	强脱钩
大庆市	-0.099	-0.094	0.946	衰退性连接	0.001	0.113	114.513	扩张性负脱钩
伊春市	0.174	0.010	0.057	弱脱钩	0.084	-0.013	-0.154	强脱钩
佳木斯市	-0.086	0.192	-2.238	强负脱钩	0.080	0.260	3.269	扩张性负脱钩
七台河市	-0.087	0.087	-1.002	强负脱钩	-0.017	0.058	-3.427	强负脱钩
牡丹江市	-0.136	0.056	-0.408	强负脱钩	-0.035	-0.118	3.342	衰退性脱钩
黑河市	0.081	0.022	0.272	弱脱钩	-0.145	-0.116	0.801	衰退性连接
绥化市	0.190	0.019	0.099	弱脱钩	-0.037	-0.045	1.235	衰退性脱钩

3 脱钩状态变化的原因分析

以 T_2 时期城市的脱钩状态为基准,针对东北地区城市的脱钩变化过程,将城镇化与生态环境关系状态中始终未变化的和发生转变的城市划分为脱钩状态(16个)、负脱钩状态(16个)和连接状态(2个)3类。选取表1中人口城镇化(UP)、空间城镇化(USS)、经济城镇化(UE)、社会城镇化(US)、资源保障(RS)和环境压力(EP)等指标,分析主导城镇化与生态环境脱钩状态转变的影响因素。

3.1 负脱钩状态城市

3.1.1 回归模型构建

对资源保障指数与城镇化各指标进行最小二乘法拟合,依据霍夫曼检验结果接受固定效应模型,拟合方程模型如下:

$$RS_{it} = 1.653 - 1.160UP_{it} - 0.208USS_{it} \quad (6)$$

($i = 1, 2 \dots 16; t = 1, 2 \dots 5$)

结果显示,回归方程拟合度高,判定系数达到 $R^2=0.932, P=0.00$, 显著性明显。资源保障程度与人口城镇化、空间城镇化均在 0.01 水平呈现负相关性(表4),与经济城镇化、社会城镇化的负相关性均不明显。表明随着城市人口集聚规模增大、城市建设用地扩张和基础设施建设加强,资源消耗量增大,城市的资源保障程度随之出现明显下降。

表4 负脱钩状态城市资源保障程度与各项城镇化指标的回归结果

Table 4 Regression result of urbanization index and resources security of cities in Re-coupling

Variable	Co ef.	Std. Err.	t-Stat.	Prob.
C	1.653	0.577	2.863	0.0058**
UP	-1.160	0.523	-2.216	0.0305*
USS	-0.208	0.071	-2.933	0.0048**
UE	-0.052	0.324	-0.160	0.8736
US	-0.128	0.092	-1.386	0.1708

注:*,**分别表示在置信度(双测)为 0.01 和 0.1 时显著相关。

对城镇化各指标与城市环境压力进行最小二乘法拟合,依据霍夫曼检验结果接受固定效应模型,拟合方程模型如下:

$$EP_{it} = 3.87 + 2.383UP_{it} + 1.079UE_{it} + 0.506US_{it} \quad (7)$$

($i = 1, 2 \dots 16; t = 1, 2 \dots 5$)

结果显示,回归方程拟合度高,判定系数达到 $R^2=0.842, P=0.00$, 显著性明显。生态环境压力与

人口城镇化、经济城镇化均在 0.1 水平上表现为正相关(表5),与社会城镇化在 0.01 水平上表现为正相关。即人口、经济和社会城镇化水平越高,环境压力越大。

表5 负脱钩状态城市环境压力与各项城镇化指标的回归结果

Table 5 Regression result of urbanization index and environment pressure of cities in Re-coupling

Variable	Co ef.	Std. Err.	t-Stat.	Prob.
C	3.870	1.054	3.671	0.0005**
UP	2.383	0.956	2.494	0.0154*
USS	0.111	0.130	0.858	0.3943
UE	1.079	0.591	1.826	0.0728*
US	0.506	0.168	3.009	0.0038**

注:*,**分别表示在置信度(双测)为 0.01 和 0.1 时显著相关。

3.1.2 原因分析

1) 空间城镇化为表征,固定资产投资为主要驱动力的发展具有不可持续性。沈阳、吉林、佳木斯等中心城市和营口、锦州、葫芦岛等沿海城市的资源保障与空间城镇化呈现显著的负相关性,表现为以有限的资源环境条件支撑新城、新市镇、新区和工业区的建设以及城市建成空间的迅速扩张^[28]。究其原因,在于东北振兴政策实施以来,以房地产投资为代表的固定资产投资驱动成为城镇化主要动力^[29]。一方面,以沈阳为首的中心城市集聚了所在省份相当高的投资份额,并依托优越的政治条件、便利的交通条件和雄厚的产业基础,不断吸引人口集聚,对资源的索取不断加剧,城镇化对生态环境的压力不断加大;另一方面,辽宁沿海城市借助优越的区位优势,成为各类投资优先选择的区域,进而实现了沿海城市空间的迅速扩张,追求经济利益的同时对资源环境造成巨大消耗。表明这种以投资驱动为主,巨大资本和土地资源消耗为代价的空间城镇化发展具有不可持续性。尽管长春处于衰退性连接状态,其发展模式却与沈阳等中心城市无异。

2) 资源型经济驱动的路径依赖仍然显著。在以大庆、七台河和白山为首的石化、煤炭和森工城市中资源型经济仍然是国民经济的支柱产业。根据《全国资源型城市可持续发展规划(2013~2020年)》确定东北地区资源型城市达 19 个,其中有 10 座城市长期处于或转变为负脱钩状态;按照资源型工业城市类型的划分^①,这些城市属于成长

型、成熟型和资源衰竭型城市。随着全国各领域出现产能过剩,资源能源在国民经济发展中的地位急剧下降,加之资源型城市产业结构单一等问题突出,导致尚处于成长型、成熟型的资源型城市经济发展受挫;此外,以七台河为首的资源衰退型城市则出现转型不彻底,缺乏必要的固定资产投资和新型产业支撑,仍走资源消耗的粗放型经济老路,致使环境治理相关投资减少,造成经济、社会、生态环境等综合效应下降的恶性循环,甚至出现人口流失,城镇化对生态环境压力依然较大。

3.2 脱钩状态城市

3.2.1 回归模型构建

从环境压力与城镇化各指标的拟合结果来看,其显著性差,没有明显的线性关系,符合脱钩状态城市的属性,即城镇化发展对生态环境不产生压力或者压力减小。对资源保障程度与城镇化各指标进行最小二乘法拟合,依据霍夫曼检验结果接受固定效应模型,拟合方程模型如下:

$$RS_{it} = -0.135USS_{it} \quad (8)$$

$$(i = 1, 2 \cdots 16; t = 1, 2 \cdots 5)$$

结果显示,回归方程拟合度高,判定系数达到 $R^2=0.915$, $P=0.00$,显著性明显。资源环境保障与空间城镇化呈现0.1水平的显著负相关(表6)。人口城镇化、经济城镇化和社会城镇化与资源保障均无显著相关性。

表6 脱钩状态城市资源保障程度与各项城镇化指标的回归结果

Table 6 Regression result of urbanization index and resources security of cities in decoupling

Variable	Co ef.	Std. Err.	t-Stat.	Prob.
C	1.143	0.765	1.494	0.1405
UP	-0.941	0.816	-1.153	0.2536
USS	-0.135	0.081	-1.671	0.0999*
UE	0.233	0.339	0.687	0.4946
US	-0.165	0.111	-1.493	0.1406

注:“*”分别表示在置信度(双侧)为0.01和0.1时显著相关。

3.2.2 原因分析

1) 创新转型驱动是实现城镇化与生态环境协调发展的关键。哈尔滨、大连、齐齐哈尔、阜新

等城市处于城镇化与生态环境协调发展状态,但其空间城镇化水平与资源保障也呈现负相关性。表明尽管城市开始更多关注因新城、新区、工业园区扩展等空间城镇化带来的历史欠账,注重完善城市功能和基础设施服务水平,出现内涵式的空间城镇化转变^[30],但其对资源环境的消耗依然不可避免。值得关注的是通化、鞍山等资源再生型城市的城镇化发展对生态环境的压力逐渐减小。以通化为例,与其转变以矿产品冶炼为主要经济支柱,大力发展生物医药产业集群,培植新兴的经济动力有直接关系,尤其摆脱传统公有制企业发展的束缚,积极转向民营经济主体,为城镇化经济发展提供了更加健康的市场环境,成为城镇化与生态环境可持续协调发展的关键所在。

2) 生态环境对城镇化具有倒逼作用。东北地区西部城市如白城和朝阳,处于生态环境脆弱区域,农牧业自然条件不理想,自然资源欠缺,生态环境限制城镇化发展;黑河等城市地处北部高寒地区,且深居内陆,交通条件比较落后,资金和人才缺乏,城镇化发展受限;东部以山地和丘陵地貌为主,且肩负区域生态安全和边防的重责,决定了其城镇化发展水平一般。此外,诸如绥化等处于松嫩平原的城市,因其良好的生态环境条件而成为国家粮食基地,为国家粮食安全保障牺牲城镇化发展。总体来看,这些城市的城镇化发展对生态环境的压力不大,可归因于生态环境保育倒逼城镇化发展,属于不健康的城镇化发展情境,且这一状况在未来一段时间内难以改变。

4 结论与讨论

通过对东北地区34个地级市的城镇化指数、生态环境压力指数测度和时空特征分析,判断其城镇化与生态环境的脱钩关系及其发生变化的影响因素,得出以下结论:

1) 生态环境压力是城镇化累积作用的结果,呈现出一定的时空滞后效应。结果显示:一方面,东北地区城镇化指数呈现倒“U”型发展态势,而生态环境压力指数呈现波动增加的态势。将两者发展趋势进行时间匹配分析,发现城镇化发展在不断增强的同时,生态环境压力呈现一定平行增长

① 依据《全国资源型城市可持续发展规划(2013-2020年)》资源型城市综合分类标准,参考资源保障能力和可持续发展能力差异,将资源型城市划分为成长型、成熟型、衰退型和再生型四种类型。成长型城市:松原;成熟型城市:吉林、本溪、鸡西、大庆、黑河、牡丹江;衰退型城市:辽源、白山、抚顺、阜新、鹤岗、双鸭山、伊春、七台河;再生型城市:通化、盘锦、鞍山、葫芦岛。

态势后逐渐下降,2009年城镇化达到峰值时生态环境压力值最低,随后城镇化发展水平下降,生态环境压力呈现大幅增加,即生态环境压力水平一直处于城镇化水平之下,当城镇化作用达到一定水平后,生态环境压力开始起到反馈作用。另一方面,生态环境压力指数高值区域与城镇化指数高值区域不匹配。东北地区的城镇化因受自然条件、资源分布及地缘政治的影响,空间结构先后经历了“三镇松散”、“双核T轴”、“四核T轴”、“四核两群”的空间结构演变过程。而当前,生态环境压力指数高值区域分布刚进入沿哈大线、哈绥牡齐线贯穿的“T”型城市发展走廊向“群”集聚发展过渡阶段。

2) 近10 a来,东北地区的城市经历了城镇化与生态环境由脱钩状态为主体向脱钩状态与负脱钩状态并列的演变过程,城市个体城镇化对生态环境效应的稳定性差。

结果显示,在研究时期内脱钩城市、负脱钩城市与连接状态城市的比值分别为47.06%:38.24%:20.58%和47.06%:47.06%:5.88%,由城镇化对生态环境脱钩状态为主,向城镇化对生态环境脱钩状态与负脱钩状态并列的情况。在研究期内个体城市的城镇化对生态环境的作用稳定性差,出现由脱钩、连接和负脱钩的状态反复,比重达到64.71%,表明研究期内大部分城市的城镇化对生态环境的作用始终处于一种不稳定的非良性阶段。

3) 投资驱动、资源型经济、生态环境倒逼和创新转型驱动等是东北地区城镇化对生态环境产生脱钩差异的根本原因。研究显示,在当前以大都市为核心、工业型城市为主体和沿海城市为先导的东北地区,即使固定资产投资促使四大核心城市和沿海型城市空前发展,其城镇化对生态环境的压力也是参差不齐,不稳定性十分明显,石油、煤炭和森工等资源型城市的城镇化对生态环境压力仍然巨大,表明东北地区的城镇化发展仍然以资源型经济和投资驱动为主要动力,是城镇化对生态环境产生压力的主要原因,具有阶段性和不可持续性。部分受制于自然生态环境和国家宏观战略的城市,往往城镇化对生态环境压力不大,并不是东北地区的城市主体。真正开始转变的城市以资源再生型城市最典型,其创新转型发展是摆脱城镇化对生态环境压力的关键动力。

纵观东北地区城镇化与生态环境的作用关

系,呈现出“发展-响应-转变”的关系过程。目前东北大部分城市已处于由“响应→转变”的重要历史阶段,然而以资源型经济增长带动人口增长、推进城镇化的模式^[30]和市场化带来的投资驱动城镇化模式并未得到本质上的改变,且此类发展模式在生态文明建设的背景下显得更加不可持续。通化、鞍山等资源再生型城市的转型效果显现,其摆脱资源型经济动力,在经济发展的同时,城镇化对生态环境压力在可控范围,这种城市经济转型发展对生态环境的协调、共生发展必然成为未来趋势,而这种城镇化发展模式也值得今后深入分析。此外鉴于数据的缺失状况,未能对地级市层面的城镇生活污染指标和能源指标进行研究,未来有必要对缺失数据进行补缺,揭示城镇化与生态环境相互作用的深层次的客观规律。

参考文献(References):

- [1] 刘艳军,王颖.东北地区区域开发程度演化及其资源环境影响[J].经济地理,2012,32(5):37-42. [Liu Yanjun, Wang Ying. Evolution and the impact on resource-environment of regional development level in Northeast China. Economic Geography, 2012, 32(5): 37-42.]
- [2] Caviglia-Harris J L, Chambers D, Kahn J R. Taking the “U” out of kuznets a comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation[J]. Ecological Economics, 2009, 68(4): 1149-1159.
- [3] Levrel H, Kerbiriou C, Couvet D, et al. OECD pressure-state-response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve[J]. Biodiversity and Conservation, 2008, 18(7): 1719-1732.
- [4] Lee R F, Giaquinto R O, Hardy C J. Coupling and decoupling theory and its application to the MRI phased array[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 2002, 48(1): 203-213.
- [5] 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. [Fang Chuanglin, Yang Yumei. Basic laws of the interactive coupling system of urbanization and ecological environment. Arid Land Geography, 2006, 29(1): 1-8.]
- [6] 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. [Huang Jinchuan, Fang Chuanglin. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment. Geographical Research, 2003, 22(2): 211-220.]
- [7] 刘耀彬,宋学锋.城市化与生态环境耦合模式及判别[J].地理科学,2005,25(4):408-414. [Liu Yaobin, Song Xuefeng. Model and criterion of urbanization and ecological environment coupling. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(4): 408-414.]
- [8] 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. The dynamic coupling model of the harmonious development between urbanization and eco-environment and its application in arid area. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3003-3009.]
- [9] 宋建波, 武春友. 城市化与生态环境协调发展评价研究——以长江三角洲城市群为例[J]. 中国软科学, 2010, (2): 78-87. [Song Jianbo, Wu Chunyou. The study on evaluation of coordinated development between urbanization and ecological environment among city cluster in the Yangtze River Delta. *China Soft Science*, 2010(2): 78-87.]
- [10] 魏晓婕, 杨德刚, 乔旭宁, 等. 干旱区绿洲城市城镇化与生态环境耦合——以乌鲁木齐为例[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(11): 101-107. [Wei Xiaojie, Yang Degang, Qiao Xuning, et al. Analysis of the coupling rule between urbanization and eco-environment in arid region oasis-taking Urumqi as an example. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(11): 101-107.]
- [11] 刘耀彬, 李仁东. 江苏省城市化与生态环境的耦合规律分析[J]. 中国人口资源与环境, 2006, 16(1): 47-51. [Liu Yaobin, Li Rendong. Analysis of coupling rule between urbanization and eco-environment in Jiangsu province. *China Population, Resources and Environment*, 2006, 16(1): 47-51.]
- [12] 王长健, 张小雷, 杜宏茹, 等. 近30a新疆城镇化与生态环境互动关系的动态计量分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(6): 1794-1801. [Wang Changjian, Zhang Xiaolei, Du Hongru et al. Quantitative analysis of the dynamic relationship between urbanization level and eco-environment quantity in Xinjiang. *Journal of Desert Research*, 2012, 32(6): 1794-1801.]
- [13] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城镇化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 1-14. [Wang Shaojian, Fang Chuanglin, Wang Yang. Quantitative investigation of the interactive coupling relationship between urbanization and eco-environment. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(7): 1-14.]
- [14] 张郁, 杨青山. 基于利益视角的城市化与生态环境耦合关系诊断方法研究[J]. 经济地理, 2014, 34(4): 166-170. [Zhang Yu, Yang Qingshan. Diagnostic methods for the coupling relationship between urbanization and the eco-environment from the perspective of well-being. *Economic Geography*, 2014, 34(4): 166-170.]
- [15] 王鹤鸣, 岳强, 陆钟武. 中国1998年-2008年资源消耗与经济增长的脱钩分析[J]. 资源科学, 2011, 33(9): 1757-1767. [Wang Heming, Yue Qiang, Lu Zhongwu. Decoupling analysis of China's resource consumption and economic growth over the period 1998-2008. *Resources Science*, 2011, 33(9): 1757-1767.]
- [16] 刘怡君, 王丽, 牛文元. 中国城市经济发展与能源消耗的脱钩分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(1): 70-77. [Liu Yijun, Wang Li, Niu Wenyuan. Decoupling research between economic development and energy consumption of China's cities. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(1): 70-77.]
- [17] 赵兴国, 潘玉君, 赵庆由, 等. 科学发展视角下的区域经济增长与资源环境压力的脱钩分析-以云南省为例[J]. 经济地理, 2011, 31(7): 1196-1201. [Zhao Xingguo, Pan Yujun, Zhao Qingyou et al. Decoupling analysis between regional economic growth and resources and environmental pressure based on view of scientific development: a case study of Yunnan province. *Economic Geography*, 2011, 31(7): 1196-1201.]
- [18] 白忠菊, 藏波, 杨庆媛. 基于脱钩理论的城市扩张速度与经济发展的时空耦合研究——以重庆市为例[J]. 经济地理, 2013, 33(8): 52-60. [Bai Zhongju, Zang Bo, Yang Qingyuan. On the degrees of decoupling and re-coupling of spatial and temporal evolution of urban expansion speed and economic development from 2000 to 2010: a case study of Chongqing city. *Economic Geography*, 2013, 33(8): 52-60.]
- [19] 张文斌, 陈英, 张仁陟, 等. 基于脱钩分析方法的耕地占用与经济发展的关系研究[J]. 自然资源学报, 2013, 28(4): 560-570. [Zhang Wenbin, Chen Ying, Zhang Renzhi et al. Study on the relationship between cultivated land occupation and economic growth based on the decoupling method-taking Kangle county of Gansu province as an example. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(4): 560-570.]
- [20] 钟太洋, 黄贤金, 王柏源. 经济增长与建设用地扩张的脱钩分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 18-31. [Zhong Taiyang, Huang Xianjin, Wang Baiyuan. On the degrees of decoupling and re-coupling of economic growth and expansion of construction land in China from 2002 to 2007. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(1): 18-31.]
- [21] 王菲, 董锁成, 毛琦梁. 中国工业结构演变及其环境效应时空分异[J]. 地理研究, 2014, 33(10): 1793-1806. [Wang Fei, Dong Suocheng, Mao Qiliang. Evolution of China's industrial structure and spatial-temporal differentiation in environmental effect. *Geographical Research*, 2014, 33(10): 1793-1806.]
- [22] 潘安娥, 陈丽. 湖北省水资源利用与经济协调发展脱钩分析[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 0328-0333. [Pan Ane, Chen Li. Decoupling and Water Footprint Analysis of the Coordinated Development Between Water Utilization and the Economy in Hubei. *Resources Science*, 2014, 36(2): 0328-0333.]
- [23] 臧锐, 张鹏, 杨青山, 等. 吉林省城镇化水平综合测度及时空演变[J]. 地理科学, 2013, 33(10): 1229-1237. [Zang Rui, Zhang Peng, Yang Qingshan et al. Comprehensive measure and spatial-temporal evolution of urbanization level in Jilin province. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(10): 1229-1237.]
- [24] Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. *Transport Policy*, 2005, 12(2): 137-151.
- [25] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004-2013. [National Bureau of Statistics. China city statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2004-2013.]
- [26] 甘静, 郭付友, 陈才, 等. 2000年以来东北地区城市化空间分异的时空演变分析[J]. 地理科学, 2015, 35(5): 565-574. [Gan Jing, Guo Fuyou, Chen Cai et al. The spatio-temporal evolution

- characteristics of urbanization spatial differentiation in Northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(5): 565-574.]
- [27] 刘贺贺, 杨青山, 陈长瑶. 东北地区城市效率与开发程度的时空耦合[J]. *经济地理*, 2015, 35(10): 64-72. [Liu Hehe, Yang Qingshan, Chen Changyao. Spatio-temporal coupling research on urban efficiency and urban development degree in Northeast China. *Economic Geography*, 2015, 35(10): 64-72.]
- [28] 宋艳, 李勇. 老工业基地振兴背景下东北地区城镇化动力机制及策略[J]. *经济地理*, 2014, 34(1): 47-53. [Song Yan, Li Yong. The urbanization dynamic mechanism and policy of Northeast China Region under the old industrial base revitalization background. *Economic Geography*, 2014, 34(1): 47-53.]
- [29] 赵映慧, 修春亮, 宋戈, 等. 东北地区资源型城市经济发展差异分析[J]. *经济地理*, 2009, 29(5): 726-730. [Zhao Yinghui, Xiu Chunliang, Song Ge et al. Analysis on economic development difference of resources-based cities in Northeast China. *Economic Geography*, 2009, 29(5): 726-730.]
- [30] 赵景海. 老工业基地调整改造视角下的黑龙江省城镇化[J]. *城市规划*, 2004, 28(12): 19-22. [Zhao Jinghai. Urbanization of Heilongjiang province under the background of revitalization of old industry base. *City Planning Review*, 2004, 28(12): 19-22.]

Urbanization and Ecological Environment Effect in Northeast China Based on Decoupling Analysis

Liu Hehe^{1,2}, Yang Qingshan^{2,3}, Zhang Yu^{2,3}

(1.School of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, Inner Mongolia, China; 2.School of Geographical Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China; 3.Center of Urbanization and Regional Development, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China)

Abstract: Based on data from 34 prefecture-level cities in the Northeastern China from 2003 to 2012, this article analyzes the spatiotemporal change characteristics of the urbanization and eco-environmental pressure development in the Northeastern China by building Urbanization Index and Eco-environmental Pressure Index. It also measures urbanization and environmental decoupling indicators, and judges the decoupling state of the urbanization and eco-environmental, then discusses influence factors which lead the state changed. The major findings can be summarized as follows: 1) The ecological stress is the consequence of urbanization accumulation effect, it presents somewhat spatiotemporal hysteresis role. 2) For nearly 10 years, the cities in the northeastern China experienced the evolution of urbanization and eco-environment from dominated decoupling state to both decoupling state and re-coupling state, the stability of the effect of individual urbanization on eco-environment is bad. 3) The reasons for the different effects of urbanization in the Northeastern China on eco-environmental are the diversified driving factors, such as investment-driven approach, resource-based economy, forced eco-environment as well as connotative and innovative development. Resource-based economy and investment-driven approach are main causes of pressure of urbanization on eco-environment. Moreover, there are two reasons influencing the coordinated development of the urbanization and eco-environment, the one is the forced eco-environment, and the other is connotative development.

Key words: urbanization; eco-environment; decoupling analysis; Northeast China