

# 1975—2014 年河套绿洲城市化 遥感监测与区域差异分析

董苗, 刘普幸, 张彦龙, 雍国正

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** [目的] 对近 40 a 来河套绿洲城市化进行遥感监测与区域差异分析, 以为河套绿洲各城市的规划管理、城市间协调发展及可持续发展提供决策依据。[方法] 利用 1975, 1989, 1995, 2000, 2006 和 2014 年 6 景 Landsat MSS/TM/ETM<sup>+</sup> 遥感影像, 结合 7 个城市扩展评价指标及主成分分析法等开展研究。[结果] (1) 河套绿洲 3 座城市的扩展趋势不同, 扩展速度、强度及城市扩展弹性系数不同。(2) 三座城市扩展的空间形态不同。(3) 三座城市的城市重心转移方向和距离各不相同。(4) 房地产开发投资额和第三产业是影响银川市城市扩展的主要社会因素, 第一产业是影响临河区的主导产业, 而第二产业是影响石嘴山市的支柱性产业。[结论] 近 40 a 来, 河套绿洲 3 座城市中, 银川市年均扩展速度最快, 强度最大, 且城市扩展弹性系数更趋于人地关系的合理值; 银川市和临河区的城市扩展形态趋向紧凑稳定型发展, 复杂程度减小; 而石嘴山市趋于离散发展, 形态逐渐复杂化; 同时, 银川市城市重心向东南方向转移, 转移距离最大, 石嘴山市、临河区分别向西南、东北方向转移; 且影响 3 座城市扩展的主因子不同。

**关键词:** 城市扩展; 时空分异; 驱动力; 河套绿洲城市

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2016)04-0001-08

**中图分类号:** F291

**文献参数:** 董苗, 刘普幸, 张彦龙, 等. 1975—2014 年河套绿洲城市化遥感监测与区域差异分析[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 1-8. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.001

## Remote Sensing Monitoring of Urbanization in Hetao Oasis and Regional Difference Analysis During 1975—2014

DONG Miao, LIU Puxing, ZHANG Yanlong, YONG Guozheng

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** [Objective] The urbanization in Hetao Oasis was monitored through remote sensing and the regional difference in the past 40 years was analyzed to provide a scientific base for urban plan and management, and for city coordinative and sustainable development. [Methods] Based on 6 term's scene of landsat MSS/TM/ETM<sup>+</sup> remote sensing image in the years of 1975, 1989, 1995, 2000, 2006 and 2014, 7 evaluation indices of urbanization expansion were included and principal component analysis was used. [Results] (1) The expansion trends of Yinchuan, Shizuishan and Linhe cities had different expansive speed, strength and elasticity. (2) There were different space expansive patterns among the three cities. (3) The gravity transfer directions and distances of city center were different. (4) The real estate development investment and the tertiary industry were the major factors that affected the urban expansion of Yinchuan City, the first sector was the leading one for Linhe District while second sector was the pillar in Shizuishan City. [Conclusion] In recent 40 years, it was Yinchuan City that had the fastest annual expansion rate, the largest expansion intensity and more reasonable relationship between population growth and urban land. Yinchuan City and Linhe district urban expansion tended to be compact, stable and had decreasing complexity development; Shizuishan City had the tendency of discrete development and showed an increasing complex forms. In addition, the city center transferred to the southeast for Yinchuan City with the maximum transfer distance of 3 198 m; while Shizuishan City and Linhe District expanded toward to the southwest and northeast. Additionally, the domi-

收稿日期: 2015-06-16

修回日期: 2015-09-24

资助项目: 国家自然科学基金项目“河西绿洲天然胡杨林生长的水盐过程和衰退机制研究”(40961035); 甘肃省科技计划资助项目(0803RJZA094); 甘肃省省级重点学科自然地理学项目

第一作者: 董苗(1992—), 女(汉族), 甘肃省合水县人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区域环境与绿洲建设。E-mail: dongmiaosunshine@163.com。

nating factors that influenced the urban expansion for the three cities were different.

**Keywords:** urbanization expansion; spatial and temporal difference; driving force; cities in Hetao Oasis

城市化已经成为人类活动改造自然环境的主要方式之一,城市化水平是一个地区社会经济发展水平的重要指标<sup>[1]</sup>。目前,中国的城市化正以空前速度进行;城市化过程当中所引起的大规模土地利用与土地覆盖变化(LUCC)格外引人关注<sup>[1-3]</sup>。城市化过程中一系列问题的出现,迫使人们对城市生态系统的可持续发展及其与自然生态环境的和谐相处进行思考,而这其中,对城市扩展时空特征及其驱动机制的研究已经成为城市地理、土地利用等研究领域的热点问题<sup>[4]</sup>。

遥感数据具有空间尺度大、获取周期短、信息量丰富等优点,逐渐成为城市扩张研究的主要手段<sup>[5]</sup>。目前,国内已有很多学者运用遥感影像对不同城市扩展形态及其模式与驱动力做了研究,并取得了丰硕成果<sup>[5-15]</sup>,且其研究内容主要集中在城市扩展的数量、强度、形态和模式<sup>[5-9]</sup>,城市扩展驱动机制等方面<sup>[10-12]</sup>。总之,对城市扩展的研究内容不断向更深的机理分析和调控措施发展,研究的时间跨度逐步向中长期延伸,研究区域也从东部大城市向中西部城市过渡。目前,也偶有学者对几个大城市或几个地区的城市扩展的时空差异进行对比分析<sup>[13-15]</sup>。河套绿洲作为黄河中上游水土气热条件匹配最为协调、农业生产条件最好、区域经济最为发达的地区,早在 2000 年前就得到了开发,在历史的长河中,一直是干旱区经济发展的关键<sup>[16]</sup>。但自 1975 年以来,对河套绿洲三座典型城市的城市化进程的特点及其内部差异如何尚不清楚。因此,本研究选取河套绿洲银川市、石嘴山市、临河区 3 座典型城市作为研究区,利用 Landsat 系列遥感数据,综合运用 7 个城市扩展指标及主成分分析等方法,对其近 40 a 来城市扩展的时空差异与影响因子进行深入细致的研究与对比,以期对河套绿洲各城市的规划管理、城市间协调发展及可持续发展提供决策依据。

## 1 研究区概况

银川市是宁夏回族自治区的首府,位于宁夏平原中部,地处 38°08′—38°53′N 和 105°49′—106°35′E。其东以明长城、黄河为界,西连贺兰山脉,南抵吴忠市,北接石嘴山市的平罗县。行政上辖兴庆区、金凤区、西夏区 3 区及永宁、贺兰两县,地貌以山地、平原为主,属于典型的中温带大陆性气候,平均气温为 9℃,平均降水为 193.6 mm。土壤多为灰褐土、灰钙土、灌淤土、风沙土等;主要天然植被类型为草原植被,包括荒漠草原、干草原和草甸草原。

石嘴山市位于银川平原绿洲北部,地处 38°21′—39°25′N,105°58′—106°39′E。东依陕北黄土高原,西连贺兰山脉,南抵银川市,北临内蒙古乌海市,行政上辖大武口区、惠农区、平罗县,地貌以冲积平原、山地为主,属于典型温带大陆性气候,平均气温为 8.6℃,平均降水为 178.2 mm。蒸发强烈,冬春少雨雪且寒冷,夏秋多暴雨而冷暖变化大。主要土壤类型有灌淤土、灰钙土、风沙土,主要天然植被以温带灌木、半灌木荒漠植被为主。

临河区(原称临河市),位于内蒙古自治区西部,居后套绿洲腹地,地处 40°34′—41°17′N,107°06′—107°44′E,南邻鄂尔多斯高原,北依阴山,东连乌拉特草原。地貌以冲积平原为主,属于中温带大陆性季风气候,平均气温为 7.8℃,平均降水为 144.8 mm。蒸发强烈,风大且频繁,昼夜温差大。土壤类型以灌淤土为主,主要天然植被为温带丛生矮禾草、矮半灌木草原。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本研究划分研究阶段分别为 1975,1989,1995,2000,2006 和 2014 年,主要考虑到 3 座城市在 1975 年代表 20 世纪 70 年代文革基本结束时的城市缓慢发展的状况,1989 年代表 80 年代改革开放前 7 a 的城市发展状况,1995 年代表 90 年代同时也反映改革开放较快的 7~13 a 的城市扩展特征,2000 年西部大开发,中国特别是西北城市发展迎来了前所未有的契机,城市发展的步伐明显加快,选取 2000 年数据作为城市扩展转折点的代表;随着城市化进程的加快,西北绿洲城市涌现了一批工业园区、经济开发区,故选择 2006 年来反映新世纪前 10 a 的发展特征。随着城市化的快速发展,人口的迅猛增长,城市究竟如何扩展? 所以选择 2014 年既代表最近新的一年城市发展,也看看城市发展的方向问题。数据来源于国际科学数据服务平台(<http://datamirror.csdb.cn>)。具体日期及条带号详见表 1。社会经济数据源于宁夏及内蒙古统计年鉴。数据预处理在 ERDAS 9.2 软件支持下完成,采用多项式法对 2014 年影像进行几何校正,在 1:5 万地形图上选择控制点,二元二次多项式作为校正模型,对影像进行几何精校正,RMS 误差控制在 1 个像元内<sup>[2,5,10-11,17]</sup>,用校正后的 2014 年影像对其余年份影像进行配准,并对影像进行边缘锐化增强处理。

表 1 河套绿洲城市遥感影像的成像日期和条带号

城市	成像日期 1	成像日期 2	成像日期 3	成像日期 4	成像日期 5	成像日期 6	条带号
银川市	19750617	19890824	19950910	20000830	20060807	20140525	129/33
石嘴山市	19750617	19890824	19950910	20001017	20060807	20140525	129/33
临河区	19770922	19890824	19950910	20000830	20060807	20140423	129/32
主要成像仪	MSS	TM	TM	ETM <sup>+</sup>	TM	TIRS	

注:银川市、石嘴山市、临河区 MSS 条带号分别为:139/33,139/33,139/32。

## 2.2 研究方法

2.2.1 城市边界提取 城市建成区边界的准确提取是进行城市扩展研究的前提,城市建成区是指城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施基本具备的地区<sup>[9]</sup>。银川城市建成区不仅包括银川市中心城市,还包括贺兰县、永宁县建成区;石嘴山城市建成区包括石嘴山市区、惠农区及其平罗县县城建成区;临河区的建成区为巴彦淖尔市建成区。对预处理后的遥感影像,采用假彩色合成、线性拉伸和边缘锐化等方法增强地物可识别性,结合监督分类中的最大似然法与人机交互式解译法来获得各时期像城市建成区的矢量边界图,再利用取随机点的方法进行精度验证,其精度均达到 87% 以上。

2.2.2 城市扩展评价指标 为了更直接地理解城市扩展过程的时空变化特征,选取城市扩展速度、扩展强度指数、人口—城市扩展指数、弹性系数、紧凑度、分形维数以及重心转移指数 7 个评价指标来测算时空变化特征值<sup>[5-6,17]</sup>。其中扩展强度指数、扩展弹性系数、紧凑度、分形维数 4 个指标的计算参见文献<sup>[5-6]</sup>,人口—城市扩展指数,重心转移指数参见文献<sup>[5]</sup>,扩展速度参见文献<sup>[17]</sup>。

城市扩展速度  $v$ :  $v = \frac{U_b - U_a}{T}$  (1)

城市扩展强度指数  $\varphi$ :  $\varphi = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$  (2)

式中: $U_a, U_b$ ——研究初期与末期城市建成区面积( $\text{km}^2$ );  $T$ ——研究时序跨度(a)。

人口—城市扩展指数  $B$ :  $B = P/A$  (3)

式中: $P$ ——市区非农人口数(万人);  $A$ ——城市建成区面积( $\text{km}^2$ )。

城市扩展弹性系  $R(i)$ :  $R(i) = A(i)/\text{Pop}(i)$  (4)

式中: $A(i)$ ——城市面积年均增长率(%);  $\text{Pop}(i)$ ——城市非农业人口年均增长率(%),该指标反映一定时期内城市扩张速度与人口增长速度之间的协调关系。

紧凑度指数  $C$ :  $C = 2\sqrt{\pi A}/P$  (5)

式中: $A$ ——城市建成区面积;  $P$ ——城市建成区周长。 $C$  值在 0~1 之间变化,其值越大,表明地物的形状紧凑度越高。

分形维数  $D$ :  $D = 2\ln(P/4)/\ln A$  (6)

该指标是描述城市边界曲折性和复杂性的一个指标,其合理范围值在 1~2;其值越大,表明城市斑块形状越复杂。

重心转移指数的计算:

(1) 空间重心坐标:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (7)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}}$$

式中: $X_t, Y_t$ —— $t$  时像城市建成区重心;  $X_i, Y_i$ ——第  $i$  块城市建设用地的几何中心坐标;  $C_{ii}$ ——第  $i$  个片区面积。

(2) 空间重心转移距离( $L$ ):

$$L_{t+1} = \sqrt{(x_{t+1} - x_t)^2 + (y_{t+1} - y_t)^2} \quad (8)$$

式中: $L_{t+1}$ ——从  $t$  到  $t+1$  时期地理单元空间重心转移距离(m)。

(3) 空间重心转移角度( $\alpha$ ):

$$a_{t+1} = \arctan\left(\frac{y_{t+1} - y_t}{x_{t+1} - x_t}\right) \quad (x_{t+1} \geq x_t) \quad (9)$$

$$a_{t+1} = \pi - \arctan\left(\frac{y_{t+1} - y_t}{x_{t+1} - x_t}\right) \quad (x_{t+1} < x_t)$$

式中: $a_{t+1}$ ——从  $t$  到  $t+1$  时期地理单元空间重心转移方向与正东方向夹角。

## 3 结果与分析

### 3.1 城市扩展的时间变化特征分析

利用 GIS 空间叠置分析方法对河套绿洲 3 座典型城市 6 个时像的建成区矢量图进行叠置分析,得到银川市、石嘴山市、临河区 3 座城市 1975 年(临河区为 1977 年)、1989、1995、2000、2006 和 2014 年 6 个时像的城市扩展面积的分布特征图(图 1)。

由图 1 可知,20 世纪 70 年代,银川市建成区面积最大为 50.23  $\text{km}^2$ ,分别是石嘴山市(20.03  $\text{km}^2$ )和临河区(30.06  $\text{km}^2$ )的 2.51 和 1.67 倍。随着经济发展,城市人口快速增加,城市发展加快步伐,特别是西部大开发政策提出以后,城市面貌更是焕然一新,城

市扩展迅速。利用公式(1)—(4)计算河套绿洲城市的扩展速度、扩展强度指数、人口—城市扩展指数、城

市扩展弹性系数等指标,对河套绿洲城市 1975—2014 年城市扩展时间变化进行比较分析(图 2)。

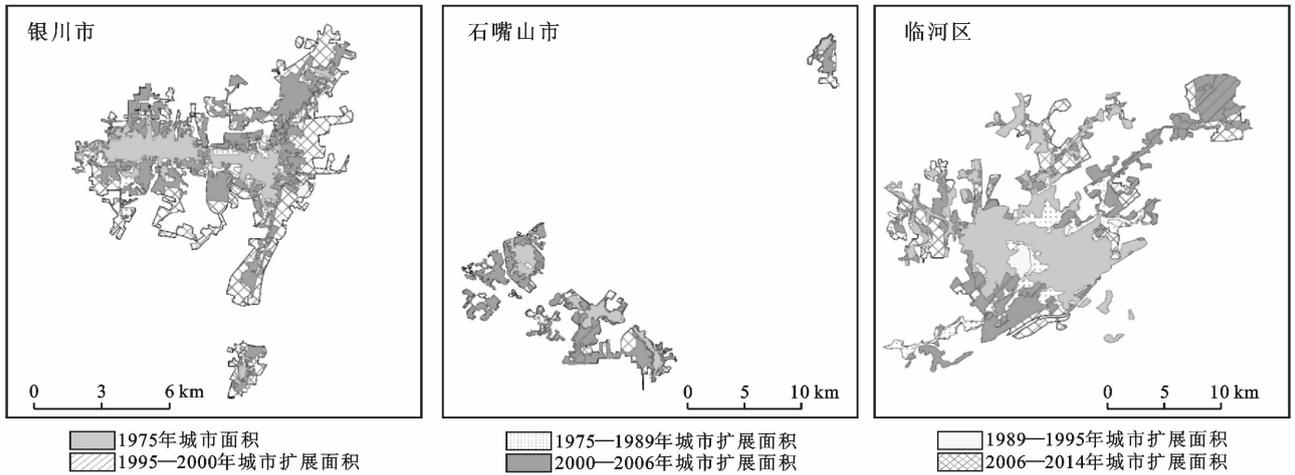


图 1 河套绿洲城市 1975—2014 年扩展状况

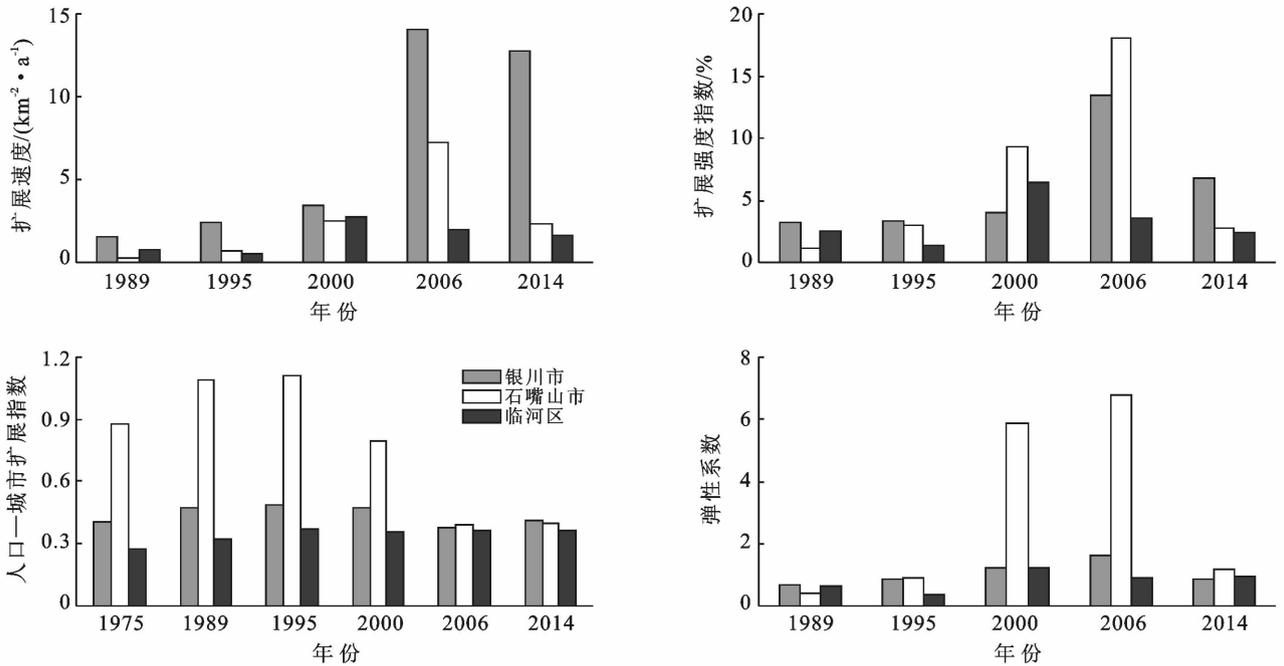


图 2 河套绿洲城市 1975—2014 年扩展时间变化对比

从图 1—2 可知,近 40 a 来,银川市总体比石嘴山市和临河区扩展迅速。银川市各个时段中显然 2000—2006 年,2006—2014 年这两个时段扩展更为迅速,扩展面积分别达到 84.38 和 101.75 km<sup>2</sup>,建成区面积分别是 1975 年的 3.76 和 5.80 倍。石嘴山市明显 2000—2006 年这一时段扩展迅速,扩展面积达到 43.20 km<sup>2</sup>。临河区各个时段的扩展均很缓慢,但相比 1995—2000 年这一时段扩展较为迅速。而各时段银川市、石嘴山市的扩展速度和强度均呈增大—增大—增大—减小的趋势,在 2000—2006 年这一时段扩展速度、扩展强度指数均达到最大,扩展速度分别为

14.06 km<sup>2</sup>/a 和 13.50%,扩展强度指数分别为 7.20 km<sup>2</sup>/a 和 18.02%。临河区的扩展速度与强度均呈减小—增大—减小—减小的趋势,1995—2000 年这一时段扩展速度、扩展强度指数均达到最大 2.73 km<sup>2</sup>/a 和 6.43%。

1975—1995 年,由于社会经济落后,3 座城市扩展均很缓慢。1995—2000 年这一时期,石嘴山市大武口区迅速发展,加上包兰铁路的建设,形成包兰铁路产业带,经济的发展和便捷的交通促使城市扩展速度迅速增大,扩展强度指数达到 9.25% 高于同期银川市和临河区;同时,十五届三中全会提出小城镇的

发展战略,使得临河区的扩展加快步伐,扩展速度和扩展强度均达到其最大值。2000—2006年是银川市和石嘴山市近40a来城市扩展最快的一个时期,2002年,银川市进行行政区划调整,城市市区范围扩大;2006年银川市将各级领导机关从老城区迁入新城区,贺兰县、永宁县的扩展也达到了空前规模;而石嘴山市工业、煤炭的兴起带动了全市经济的飞速发展,2006年石嘴山市的大武口区着力建设“一湖两翼三区”,且平罗县扩展明显,因此银川市和石嘴山市城市扩展速度和扩展强度指数均达到了其最大值。2006—2014年,3座城市的扩展相比前一阶段都有所减慢,尤以石嘴山市的减慢趋势最为明显,而银川市仍处于快速扩展时期。

近40a来,银川市和石嘴山市人口—城市扩展指数呈先增后减再增的趋势,而临河区则呈先增后减再增,最后趋于不变的趋势;对于城市扩展弹性系数,银川市和石嘴山市呈先增后减的趋势,临河区呈先减后增的波动趋势(图2)。银川市、石嘴山市、临河区的市区非农人口近40a里分别以年均4.52%,2.28%,3.54%的速度快速增加,建成区的扩展速度分别为年均4.61%,4.26%和2.72%,3座城市的城市扩展弹性系数分别为1.02,1.82,0.77。根据中国城市规划设计院《2000年城镇用地预测综合报告》指出的城市人口年增率与城市用地年增率之间的合理比例不应大于1:1.12,这也是国际上公认较为合理的比例<sup>[18]</sup>,显然银川市更趋于合理,石嘴山市趋于不合理。

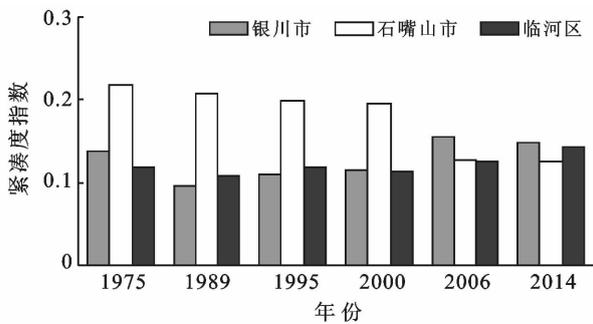


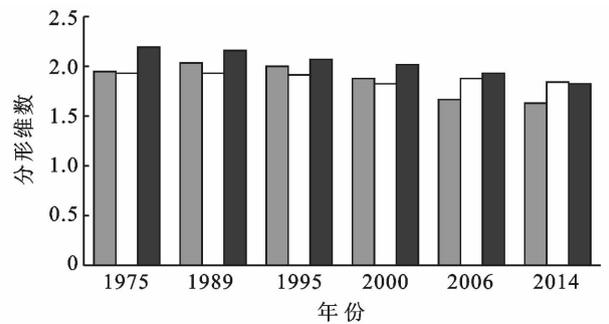
图3 河套绿洲城市1975—2014年紧凑度指数与分形维数对比

从图3可知,近40a来,银川市的城市紧凑度指数介于0.10~0.16,分形维数在1.63~2.04变动。石嘴山市的紧凑度指数介于0.13~0.22,分形维数在1.82~1.94变动。临河区的城市紧凑度指数介于0.11~0.14,分形维数在1.83~2.19变动。显然,几个发展阶段,3座城市的紧凑度指数变化在0~1,计算结果合理;而分形维数均大于1.5,城市形态比较复杂。但整体而言,银川市和临河区城市形态趋于紧

1975—1995年,社会经济发展缓慢,城市发展模式受到各种限制,城市用地紧张。1995—2000年,3座城市扩展速度加快,城市扩展弹性系数均迅速增大,以石嘴山市和临河区增大最为显著,弹性系数分别达到5.90和1.20,显然临河区城市扩展弹性系数在这一时段达到最大值并接近于合理。2000—2006年,银川市、石嘴山市人口—城市扩展指数均迅速减小至最小,分别为0.38和0.39,而城市扩展弹性系数均达到最大,分别为1.64和6.77。这一时期银川市为实现“大银川”这一城市构想而大量征地,老城区改造及周边用地扩展达到空前规模,使城市扩展速度大于人口增长速度;而此时石嘴山市大武口区南充东进,平罗县西拓南进,惠农区南进趋势明显,城市建设用地在短期内出现了跳跃式扩展,使城市扩展速度与人口增长速度极不协调。2006—2014年,银川市、石嘴山市城市扩展弹性系数均减小,尤以石嘴山市减小迅速,这一时期,石嘴山市扩展速度明显减缓,建成区空间范围除了平罗县和惠农区向周围稍有扩充外基本保持不变。

### 3.2 城市扩展的空间差异分析

城市紧凑度指数和分形维数是度量城市空间扩展过程中建成区形状变化的重要指标,紧凑度指数越大表明城市形态越紧凑,分形维数越小则城市形态越简单。利用公式(5)—(9)计算河套绿洲城市紧凑度指数、分形维数(图3)和重心转移指数,分析其城市扩展的空间分异特征(图4)。



凑规则简单,而石嘴山市城市形态偏离紧凑但复杂程度减小。

从各时段来看,1975—1989年,银川市呈条带状分布,主要为西夏区和兴庆区两大片,两区中部断开,这一时期城市形态最为复杂,紧凑度指数为最小值0.10,分形维数为最大值2.04;2000—2006年,城市空间扩展以兴庆区、金凤区和西夏区为中心,点式快速扩展,迅速填充东西轴间空地,银川市紧凑度指数

增大到最大值 0.16,分形维数也迅速减小至 1.67,城市形态趋于紧凑和规则。1975—1989 年,石嘴山市呈分散块状分布,城市形态最为复杂但很紧凑,紧凑度指数、分形维数均达到最大值 0.22,1.94;1995—2000 年,石嘴山市城市扩展以沿交通线的东西轴间扩展为主,分形维数达到最小值 1.82,城市形态复杂程度减小;2000—2014 年,石嘴山市由沿交通线的外延式扩展期进入分散组团扩展期,各类经济开发区、工业园的建设,使城市形态复杂化,且偏离紧凑,紧凑度指数下降并稳定在 0.13,分形维数上升至 1.85 并趋于稳定。1977—1989 年,临河区西部和南部零星乡镇率先发展,紧凑度指数较小为 0.12,而分形维数

最大 2.19,城市形态最为复杂;2006—2014 年,临河区各乡镇竞相发展,城市内部空隙大为减小,紧凑度指数增至最大 0.14,分形维数减至最小 1.83,城市形态趋于紧凑规则,复杂程度减小。

近 40 a 来,总体上银川市城市重心向东南方向转移,转移距离最大为 3 198 m,石嘴山市、临河区分别向西南、东北方向转移,转移距离分别为 574 和 854 m。从各时段看,银川市的城市重心呈东南—东南—偏东—东北—东南方向转移,石嘴山市呈东北—西南—西南—西北—东北方向转移,临河区呈西南—偏西—东北—西南—东北方向转移,并且不同时期城市扩展的地域空间分异明显(图 4)。

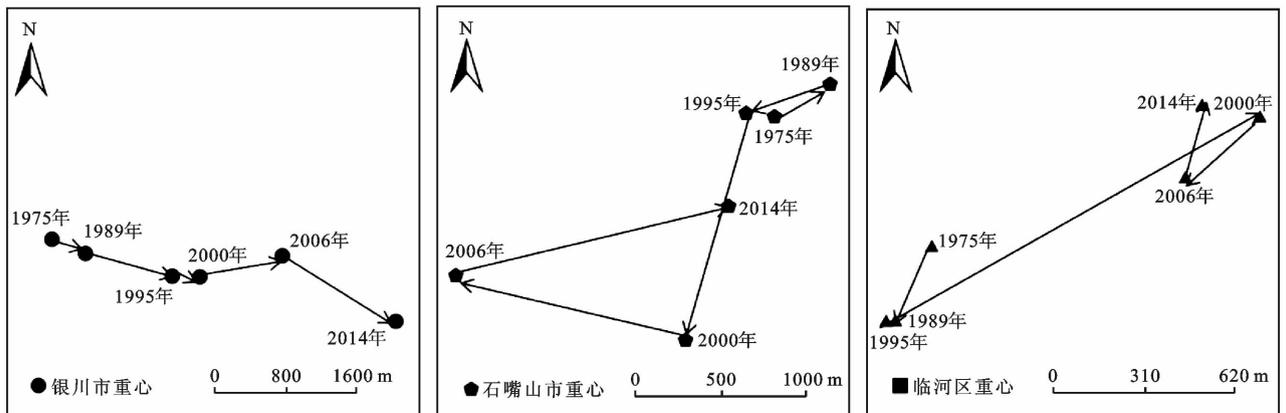


图 4 河套绿洲城市 1975—2014 年重心转移情况对比

1975—2000 年,银川市由于西夏区经济水平低,扩展缓慢,随着中东部银川经济技术开发区一期工程的启动带动了金凤区崛起,城市重心明显向东南转移,重心转移角度继而迅速增大;石嘴山市由于惠农区距市区较远,发展不及大武口区及平罗县迅速,使得城市重心向西南方向转移,尤以 1995—2000 年城市重心转移距离最大,为 1 380.44 m;同时,临河区东北方向的八一乡、新华镇发展迅速,使城市重心向东北方向大幅度回移,回移角度和距离均达到了几个时期内最大值,分别为  $322.37^\circ$  和 1 200.88 m。2000—2006 年,银川市继续向东扩展,兴庆区改造发展达到顶峰,贺兰县扩展迅速,使城市重心向东北移动,重心转移角度达到其最大值  $340.67^\circ$ ;这个时期石嘴山市大武口区经济开发区片、星海新区片等各类经济开发区、工业园区迅速崛起,加上平罗县快速发展,大武口区与平罗县同城化发展趋势明显,导致城市重心迅速向西北回移;这个时期临河区西南部的黄羊木头镇、千召庙镇、乌兰淖尔乡迅速崛起,使城市重心向西南方向回移。2006—2014 年,银川市城市重心转移距离达到最大值 1 281.91 m,这与太中银铁路和银青高

速以及绕银高速公路、新开发区的大量建设使得城市建设用地向东南扩展密切相关;这个时期石嘴山市惠农区扩展加速,加上京藏高速公路等的建设使石嘴山市城市用地向东、向北扩展,城市重心向东北方向大幅移动,重心转移角度达到其最大值  $340.80^\circ$ ,转移距离也增大到 1 316.48 m,回移趋势明显;此时临河区随着古城、狼山镇等乡镇发展,城市重心又明显向东北方向移动。

### 3.3 城市扩展及驱动力差异分析

3.3.1 自然地理因素的不同 自然地理因素是城市扩展的基础条件,也决定了城市扩展过程中的总体趋势<sup>[17]</sup>。银川市地势西山东川,东部地区比较适合城市发展;西部受贺兰山地影响,限制城市发展。同时,银川市城市发展还受到东西两侧各存在的南北偏东两条断裂带的制约,从而决定了银川市以东西方向扩展为主,南北方向为辅的城市扩展特征。而石嘴山市大武口区西侧、北侧依贺兰山脉,惠农区东侧紧邻黄河,迫使石嘴山市城市扩展的总体方向是大武口区“东进、南扩、西限、北禁”,惠农区“东限、南进、西禁、北控”,平罗县西拓南进,所以银川市、石嘴山市城市

扩展受地形影响较大。而临河区地理位置相对偏远,全境为黄河冲积平原,地面开阔平坦,城市发展基本不受地形的限制。

3.3.2 城市职能及历史长短的差异 城市职能是指某城市在国家或区域中所起的作用,所承担的分工,影响城市发展的繁荣程度<sup>[19]</sup>。银川市是宁夏回族自治区的省会,是首府型城市,1929年建市,历史悠久,属于综合性城市,是宁夏自治区政治、经济、文化中心,国家、宁夏回族自治区均对其的投资建设强度较高,所以城市扩展较快。石嘴山市是一座因煤而建因工而兴的工业城市,1960年建市,起步较晚,城市发展仅次于银川市,但石嘴山市属于资源城市衰退型,

城市发展后劲不足,面临迫切转型需要。临河区作为巴彦淖尔市政府所在地,是一般型城市,1958年建市,隶属于巴彦淖尔市,受制于其发展水平,城市扩展缓慢。表明城市建市起点不同,城市职能不同,直接影响城市发展速度,而城市职能对银川市城市扩展的促进作用最为显著。

3.3.3 社会经济差异 经济增长是城市用地扩展最重要、最根本的驱动因素,城市用地实质上是一个综合性的经济问题<sup>[20]</sup>。因此采用能够表征城市经济发展水平的城市化指数即城市人口、固定资产投资总额、房地产开发投资总额等指数(图5)来进一步分析3座城市城市扩展驱动力的差异。

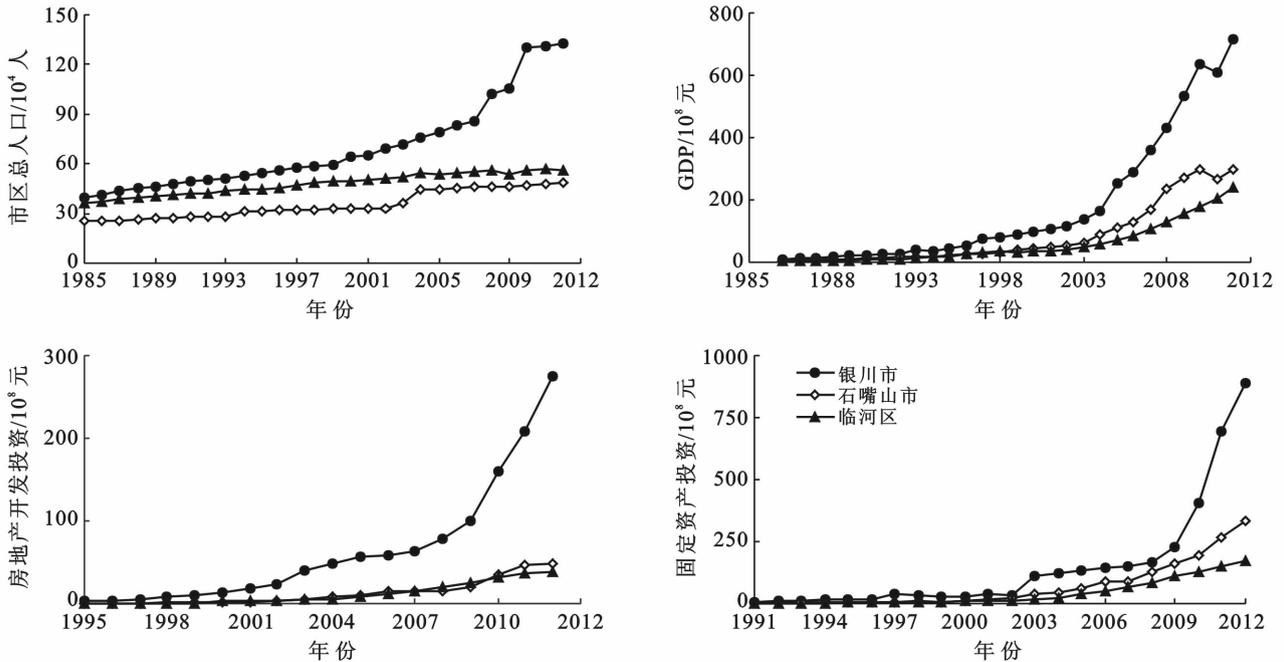
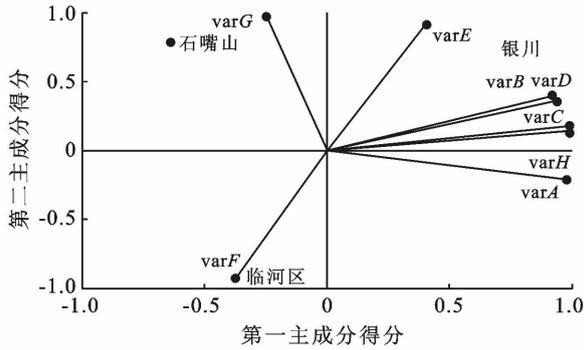


图5 河套绿洲城市经济统计数据变化趋势

人口是城市构成要素中最活跃的因素,城市人口对空间的需求是城市扩展的最初动力<sup>[21]</sup>。从图5可以看出,银川市、石嘴山市、临河区的市区年末总人口从1985—2012年分别增加了3.34, 1.94, 1.53倍。可见城市市区人口的快速增加为城市的发展提供坚实的支撑。由图5可知,银川市GDP总量最大且增长最为迅速,为其城市扩展提供强有力的资金保障。同时,3座城市固定资产投资额具有显著差异,银川市固定资产投资额明显高于石嘴山市和临河区。此外,迅速崛起的房地产业成为城市扩展的重要动力因素,尤其是2000年以后,银川市房地产开发投资额增长远高于石嘴山市与临河区。

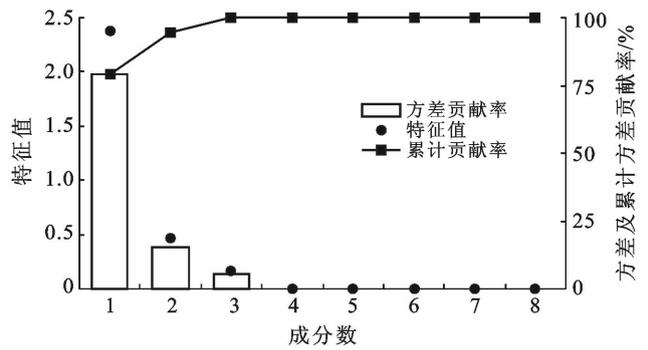
为了找出3座城市社会经济的主驱动因子,进一步利用1991—2012年3座城市的经济统计数据,选取8个因子进行主成分分析。主成分分析结果表明,

第一、二特征值分别为2.38和0.46,方差贡献率分别为79.21%和15.45%,且累计方差贡献率为94.66% ( $\geq 85\%$ );从而以第1,2特征值的特征向量计算主成分载荷,就可以满足主成分分析的要求。由图6可知, varB, varD, varC, varH, varA与第1主成分靠近,且varF和varG与第2主成分关系密切,而varE在第1与第2主成分之间的归属较为模糊。因此,将第1因子可以命名为区域生产因子,主要包括一些投入与产出方面的信息,第2因子为第一、二产业值。银川市在第1因子上得分高,表明其经济发展较快,其城市扩展受房地产开发投资额与第三产业影响最大;而临河区和石嘴山市在第2因子上得分高,表明以农业为主导产业的临河,其城市扩展受第一产业影响最大;工矿业是石嘴山的支柱产业,第二产业对其城市扩展影响最大。



注: varA 为市区总人口, varB 为固定资产投资, varC 为房地产开发投资额, varD 为 GDP, varE 为人均 GDP, varF 为第一产业, varG 为第二产业, varH 为第三产业。

图 6 主成分载荷与得分双重散点图



3.3.4 交通牵引作用的影响 城市发展离不开交通的牵引作用,交通建设对城市扩展有指向性作用。银川市交通运输事业发展迅速,形成了以市区为中心,以国道、省道为主轴,以东西 6 纵和南北 16 横为骨架的城市交通网体系。包兰铁路纵贯市区,1996 年宝中铁路的开通,2011 年太中银铁路的运营,1997 年河东机场的正式通航均促进了城市的扩展。石嘴山市 60 km 多的包兰铁路过境,其初步形成了以国道为骨架,省道为支干,农村道路为支线连接而成的“六纵五横”公路网运输体系。临河区公路仅京藏高速,110 国道过境,铁路只有包兰线过境。显然 3 座城市中,银川市完善、便捷的交通网络有力地推动其城市扩展。

3.3.5 政府政策与规划的差异 政府决策与规划在城市扩展过程中发挥引导作用,引领城市发展方向,影响城市扩展速度。2000 年西部大开发战略决策的实施,2002 年银川市提出了“中心城市”带动战略,同年进行行政区划调整,2006 年将各级领导机关从老城区迁入金凤区,这些均促进了其城市发展。“十一五”期间,石嘴山市确定了城市总体规划城区发展方向,并且利用沙湖的辐射带动作用,2008 年宁夏回族自治区政府提出银川—石嘴山同城化发展战略,促使石嘴山市向南扩展明显。1998 年十五届三中全会明确提出小城镇的发展战略,2006 年提出建设社会主义新农村战略,在一定程度上加速了临河区城市扩展。可见,政府政策与规划对城市扩展进程影响显著。

## 4 结论

(1) 近 40 a 来,银川市扩展趋势比石嘴山市、临河区快得多。银川市、石嘴山市、临河区的年均扩展速度分别为 6.15, 2.10, 1.31 km<sup>2</sup>/a; 年均扩展强度指数分别为 12.30%, 10.50%, 4.36%。银川市的城市扩展弹性系数为 1.02, 较石嘴山市(1.86)及临河区(0.77), 更趋于人口增长与城市用地之间关系的合理值 1.12。

(2) 近 40 a 来,银川市和临河区的紧凑度指数呈增大趋势,分形维数呈减小趋势,城市形态趋于紧凑、整齐规则,复杂程度减小。石嘴山市紧凑度指数和分形维数均呈减小趋势,城市形态复杂程度减小但偏离紧凑。

(3) 近 40 a 来,银川市的城市重心呈东南—东南—偏东—东北—东南方向的变化趋势,石嘴山市的城市重心呈东北—西南—西南—西北—东北方向的变化趋势,临河区的城市重心呈西南—偏西—东北—西南—东北方向的变化趋势。总体上银川市城市重心向东南方向转移,转移距离最大为 3 198 m,石嘴山市、临河区分别向西南、东北方向转移,转移距离分别为 574 和 854 m。

(4) 从驱动因素来看,地貌、城市职能、交通、政策是影响银川市城市扩展的主要驱动因子,影响石嘴山市的主要驱动因子是地貌、政策,政策则是影响临河区的主要驱动因子。且各城市社会经济主驱动因子不尽相同,主成分分析结果表明,银川市城市扩展受房地产开发投资额、第三产业影响最大,第二产业对石嘴山市城市扩展影响显著,第一产业对临河区城市扩展贡献最大。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 何春阳, 史培军. 北京地区城市化进程与机制研究[J]. 地理学报, 2002, 57(3): 363-371.
- [2] 马荣华, 陈雯, 陈小卉, 等. 常熟市城镇用地扩展分析[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 418-426.
- [3] 庄大方. 北京市土地利用变化的空间分布特征[J]. 地理研究, 2002, 21(6): 667-647.
- [4] 周利军, 张淑花, 张雪萍. 哈尔滨市城市边缘区城市用地时空扩展过程分析[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 168-171.
- [5] 姚玉龙, 刘普幸, 陈丽丽. 近 30 年来合肥市城市扩展遥感分析[J]. 经济地理, 2013, 33(9): 65-72.

- in offshore oil and gas production[J]. *Energy Policy*, 2013,55(4):699-705.
- [8] Bassi F, Crivellini A, Dossena V. Investigation of flow phenomena in air-water safety relief valves by means of a discontinuous Galerkin solver[J]. *Computers & Fluids*, 2014,90(10):57-64.
- [9] Martin P, Andras H. Conservation concept for a river ecosystem impacted by flow abstraction in a large post mining area [J]. *Landscape and Planning*, 2000,51(2):165-176.
- [10] Yakimenko A N. Estimation of water quality of the Kiev reservoir by indices of radiation safety [J]. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 2013,35(4):189-193.
- [11] Jishi Zhang, Yongqiu Zhang, Ruifeng Pu, et al. Safety analysis of water resources and eco-environment in Shiyang River Basin[J]. *Chinese Geographical Science*, 2005,15(3):238-244.
- [12] Shchedrin V N, Kosichenko Y M. Safety problems of water-development works designed for land reclamation [J]. *Power Technology and Engineering*, 2011,45(4):264-269.
- [13] 熊鹰,李静芝,蒋丁玲. 基于仿真模拟的长株潭城市群水资源供需系统决策优化[J]. *地理学报*, 2013,68(9):1225-1239.
- [14] Tian HAO, Pengfei Du, Yun Gao. Water environment security indicator system for urban water management [J]. *Frontiers of Environmental Science and Engineering in China*, 2012,6(5):678-691.
- [15] 曹琦,陈兴鹏,师满江. 基于 DPSIR 概念的城市水资源安全评价及调控[J]. *资源科学*, 2012,34(8):1591-1599.
- [16] 陈雪,刘光有. 系统动力学在阿什河流域水污染控制规划中的应用[J]. *环境科学与管理*, 2010,35(5):73-76.
- [17] 郭怀成. 洛阳城市水污染控制系统研究[J]. *地理学报*, 1988,43(4):318-328.
- [18] 何仁伟,刘邵权,刘运伟. 基于系统动力学的中国西南岩溶区的水资源承载力:以贵州省毕节地区为例[J]. *地理科学*, 2011,31(11):1376-1382.
- [19] 黄晓亚,陈喜,张志才,等. 西南岩溶地区降雨集中度及其变化特征分析:以乌江流域中上游为例[J]. *地球与环境*, 2013,41(3):203-208.

(上接第8页)

- [6] 阿斯耶姆·图尔迪,阿里木江·卡斯木. 基于多源遥感数据的奎屯市城市扩展分析[J]. *水土保持研究*, 2013,20(2):233-237.
- [7] 李松,罗绪强. 基于 RS 的多数据源的 700 多年来贵阳市城市扩展时空特征研究[J]. *自然资源学报*, 2014,29(10):1734-1745.
- [8] 何丹,蔡建明,周璟. 天津城市用地时空扩展研究[J]. *水土保持通报*, 2009,29(3):56-60.
- [9] 杨存建,张果,陈军,等. 基于遥感的成都市及其周边城镇的扩展[J]. *地理研究*, 2008,27(1):100-108.
- [10] 李飞雪,李满春,刘永学,等. 建国以来南京城市扩展研究[J]. *自然资源学报*, 2007,22(4):524-535.
- [11] 贺振,赵文亮,贺俊平. 郑州市城市扩张遥感动态监测及驱动力分析[J]. *地理研究*, 2011,30(12):2272-2280.
- [12] 陈本清,徐涵秋. 城市扩展及其驱动力遥感分析:以厦门市为例[J]. *经济地理*, 2005,25(1):79-83.
- [13] Chen Jianfei, Chang Kangtsung, David K. Comparing urban land expansion and its driving factors in Shenzhen and Dongguan, China [J]. *Habitat International*, 2014,43(3):61-71.
- [14] 孙善磊,周锁铨,魏国铨,等. 环杭州湾地区城市扩张的遥感动态监测[J]. *自然资源学报*, 2008,23(2):327-335.
- [15] 廖从健,黄敬峰. 中国东中西部城市扩展遥感监测、驱动因素及效应比较研究[D]. 浙江 杭州:浙江大学, 2013.
- [16] 申元村,汪久文,伍光和,等. 中国绿洲[M]. 河南 开封:河南大学出版社,2000.
- [17] 王厚军,李小玉,张祖陆. 1979—2006 年沈阳市城市空间扩展过程分析[J]. *应用生态学报*, 2008,19(12):2673-2679.
- [18] 徐涵秋. 近 30 年来福州盆地中心的城市扩展进程[J]. *地理科学*, 2011,31(3):351-357.
- [19] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [20] Li Lin, Yoheis, Zhu Haihong. Simulating spatial urban expansion based on a physical process [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2003,64(1/2):67-76.
- [21] 谈明洪,李秀彬,吕昌和. 我国城市用地扩张的驱动力分析[J]. *经济地理*, 2003,23(5):635-639.