

基于 GIS 和 RS 的呼和浩特市近百年 城市空间扩展及其演变趋势^{*}

尔德尼其其格¹ 阿拉腾图雅¹ 乌敦^{1,2}

(1. 内蒙古师范大学地理科学学院 呼和浩特 010022; 2. 内蒙古大学蒙古学研究中心 呼和浩特 010021)

提 要: 以历史悠久的草原文化名城—呼和浩特市为研究区, 利用丰富的历史文献资料和地图资料, 结合现代空间信息源, 运用 GIS 技术和城市空间扩展测度的定量研究方法, 具体选用扩展强度指数、紧凑度和等扇区方法, 对研究区近百年的城市空间扩展过程进行定量分析。结果显示: 百年尺度的城市空间扩展以东北—西北—再西北—东北方向扩展为主, 扩展强度经过了上升—下降—再上升过程, 紧凑度逐渐下降; 各指标的变化反映城市空间扩展经历了四次明显的演变过程, 即 1912—1951 年低速扩展、1952—1973 年中速扩展、1974—2000 年快速扩展和 2001—2009 年高速扩展。总之, 城市空间扩展具有时代特征和东西延伸的空间分异特征, 反映城市空间扩展受到自然地理条件的限制之外, 还有显著的社会经济发展的时代烙印。

关键词: 城市扩展; 紧凑度; 呼和浩特市

中图分类号: F291

文献标识码: A

城市空间是城市占有的地域空间, 更多地属于地理概念而非行政概念, 指的是城市设施和城市人口相对集中的建成区^[1]。当前, 随着经济社会的快速发展, 城市化进程不断加快, 我国的城市正在迅速扩展^[2]。扩展是城市空间增长的最直接表象, 也是城市形态演变的前提。因此, 近年来城市空间扩展的研究逐渐成为我国当前城市发展中的热点问题。目前, 我国不少研究者利用遥感和 GIS 技术对城市扩展研究方面做了大量工作^[3-8], 取得了很多有价值的成果, 并使该领域的研究有了较大的进步。但是从可检索的文献来看, 国内只有北京^[5]、天津^[6]、广州^[7]、兰州^[8]等大中城市有相关的研究较多, 而对一些中西部地区的中小城市, 尤其是边疆少数民族地区城市研究仍处在薄弱的状态。然而, 随着经济发展、城市化进程的加快, 我国西北部边疆地区的中心城市用地扩张迅速, 随之产生的问题也较多, 引起各界的广泛关注, 使得边疆地区的城市空间扩展问题研究成为当务之急。

1 研究区概况及研究现状

呼和浩特市位于我国北部边疆, 内蒙古自治区中部, 是内蒙古自治区首府城市, 为全区政治、经济、文化中心。其自然地理环境具有过渡特征, 生态环境具有脆弱性, 人文社会环境具有“边区”、“交错”的特征。呼和浩特是座有 400 多年历史的塞外文化名城。16 世纪初的呼和浩特地区是蒙古土默特领主俺答汗驻牧的丰州滩。明隆庆六年(1572 年)至明万历三年(1575 年), 俺答汗在此建立了归化城。也有文献记载, 呼和浩特旧城建于 1586 年(明万历十四年), 由忠顺夫人三娘子所筑, 明廷命名为“归化”。归化城未得名以前, 蒙语名为“库库和屯”, 汉言青城也。明季至清, 汉人或呼为三娘子城^[9], 清时为归化厅治。清廷因军事需要, 于清雍正十三年(1735 年)十二月“命大臣赴归化城, 视形胜地, 築城驻兵屯田”, 在距旧城东北 5 里另建驻防城即新城, 命名为“绥远城”^[10]。新城建成后, 新、旧二城之间的来往越来越密切, 中间形成东大马路, 为两城的一体化奠定了基础。1913 年绥远特别行政区设立, 并将归化和绥远两城合并为归绥县。民国十八年(1929 年), 改绥远特别行政区为绥远省。1954 年 4 月撤销绥远省建制, 划入内蒙

* 收稿日期: 2011-11-30; 修回日期: 2012-4-11。

基金项目: 国家社会科学基金项目(10XZS016); 内蒙古自然科学基金项目(2011MS0601)资助。

作者简介: 尔德尼其其格(1984-), 女, 蒙古族, 内蒙古鄂托克旗人, 硕士研究生, 研究方向为地理信息系统(GIS)应用。

Email: eqq@163.com

古自治区,取消归绥市旧称,恢复呼和浩特市,同时将其定为内蒙古自治区首府。目前,呼和浩特市是我国实施西部大开发战略中重要的中心城市之一,也是国务院确定的沿边开放重点城市,在祖国北部边疆的稳定与发展、民族文化的繁荣以及和谐社会的构建中,扮演着重要角色,具有重要战略意义。

自近代以来,随着呼和浩特的经济发展和城市繁荣,学术界给予广泛的关注,对呼和浩特市的发展与演变,进行了多方面地研究,其成果多集中在历史学、社会学、建筑与城市规划等领域,而对其城市空间扩展的专门研究尚属欠缺^[11-18]。上述研究成果,多从理论上进行定性分析和考证,而基于空间图形对其空间扩展进行定量研究的寥寥无几。因此,文中以呼和浩特市为研究对象,运用 GIS、RS 等现代空间技术,结合丰富的历史文献资料和地图资料,对呼和浩特近百年来空间演变过程进行定量研究,为城市规划 and 历史文化名城保护提供决策依据和历史借鉴。

2 研究方法

2.1 数据源及其信息提取

文中运用 1912 年《北支那十万分之一图》、1934 年《归绥城郊形势图》、1948 年《中国分省新图》和 1951 年《归绥街道图》、1973 年《呼和浩特市街区图》等历史时期的地图,以及分辨率为 30M 的 1987、2000 和 2009 年的 TM 遥感影像,作为数据源。

选好数据源后,在 ENVI4.2 软件中图像裁剪,选择感兴趣区域即建成区范围,利用 ArcGIS9.2 软件,以 1:1 万地形图为基准数据,对 2000 年的遥感影像进行几何精校正,以其为准逐步往前推移校正的方法对各时期数据进行几何精纠正并进行图像预处理。因历史地图的精度低,年代相隔久远,信息变化较大,给图像对图像的纠正带来一定难度。所以使用相应文献资料作为辅助,提高历史地图的纠正精度。在此基础上对研究区进行目视解译和地图的矢量化,提取相关信息,建立空间属性数据库,为计算城市空间扩展不同参数定量分析提供可靠数据。

2.2 城市空间扩展测度方法

空间扩展是城市地理学的核心内容之一,其测度指标有多种多样。文中为了准确又全面的反映出呼和浩特市空间扩展的时空特征,在 GIS 平台的支撑下,具体选用扩展强度指数、紧凑度和等扇区分析方法,对研究区空间扩展的各向异性及其空间演变过程进行定量分析。

2.2.1 扩展强度指数

用地扩展强度指数是反映城市扩张空间变化的一个重要指标,是用于分析和描述城市建成区用地扩展状态,比较不同时期各方位建成区面积扩展的程度、速度及扩展趋势的指标。其计算公式为:

$$I = \frac{\Delta U_{ij}}{\Delta t_{ij} \times TLA} \times 100\% \quad (1)$$

式中: I 为用地扩展强度指数, ΔU_{ij} 为时刻 i 到 j 城市建成区面积的变化数量, Δt_{ij} 为时刻 i 到 j 的时间跨度, TLA 为初始时的建成区面积。

2.2.2 紧凑度

紧凑度是反映地物形状的参数,紧凑度的变化可表征城市用地扩展的空间特征。其表达式为:

$$BCI = 2 \sqrt{\pi A / P} \quad (2)$$

式中: BCI 为城市用地的紧凑度, A 为城市建成区面积, P 为城市轮廓周长。BCI 的值在 0-1 之间,其值越大,形状就越紧凑、越接近于圆形;反之,形状的紧凑性就越差。

2.2.3 Boyce - Clark 形状指数

Boyce - Clark 形状指数也被称为放射状指数。目前具有很多基于图形周界测度方法,但据计算分析 Boyce - Clark 形状指数方法更能精确地反映形状的一般特征。Boyce - Clark 形状指数方法是 1964 年 Boyce 和 Clark 提出的。其基本思想是将研究对象的形状与标准圆形形状进行比较,得出一个相对指数的方法。其表达式为:

$$SBC = \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \cdot 100 - \frac{100}{n} \right) \right|$$

式中: SBC 是 Boyce - Clark 形状指数, r_i 为从某个图形的优势点 (vantage point) 到图形周界的半径长度, n 是具有相等角度差的辐射半径的数量。在文中城市形状优势点是形状形心。n 可以取不同的数量,

数量越大,形状指数值精度越高。文中选取 $n = 32$ 相邻半径的夹角为 11.25° 。不同形状的图形有不同的形状指数,圆形有最小的形状指数,其值为 0.0,接下来是正多边形、矩形、星形、H 形、X 形和长条矩形等,直线的形状指数最高,达到 187.5。这种方法的优点是形象、直观,更能反映形状的一般特征。

2.2.4 等扇区分析法

等扇区分析法是城市空间扩展分析主要方法之一,该方法能够直观地显现出研究区各方位的空间扩展及其演变特征。

文中以 1912 年呼和浩特建成区图为准,运用 ARCGIS 软件的 Feature to point 功能来实现的城市建成区中心(大地坐标为: $X = 552999m$, $Y = 4410074m$) 为圆心,画出能够包括所有建成区的半径,把研究区以 16 个方位进行扇形划分,使各扇形区域的面积相等并且相邻半径的夹角为 22.5° 。之后,将扇形区与七个年份的建成区现状图进行空间叠置,获取基于等扇区分析方法的呼和浩特市建成区近百年的空间扩展图(图 1)。

3 结果分析

3.1 紧凑度分析

从研究区紧凑度计算结果可看出,近百年来呼和浩特市建成区紧凑度逐渐下降,由 1912 年的 0.590 下降到 2009 年的 0.186,反映研究区城市空间不断地扩展,呼和浩特市建成区空间结构由双组团模式演化为星状模式(图 1)。由于百年尺度内,研究区所经过的社会经济形态和发展历程具有明显的差异和时代特征,因此其城市空间扩展过程也出现几次明显的变化特征。20 世纪初的归绥市,虽然由两个明显分开的城区形成,但是其社会经济活动仍然相对集中,主要运行在城区内,因此整个城市空间还是相对紧凑,1912 年研究区紧凑度为 0.590。内蒙古自治区建立以后,原来城区无法容纳日益增多的人口,也满足不了居民对建筑用地的需求,因此城区外的空旷地成为新增至居民、用地、产业集中区,原来城市空间的紧凑型被打破,至 1951 年城市空间紧凑度下降至 0.218。至 20 世纪 70 年代,呼和浩特城市空间扩展经过长期的填充式发展之后,各分散区域逐渐趋于一体,相连成一片,城市空间扩展又一次体现紧凑特征,1973 年其紧凑度达到最高值 0.547。改革开放以后,紧凑度急速降低,1987 - 2009 年紧凑度下降趋势缓慢(表 1)。

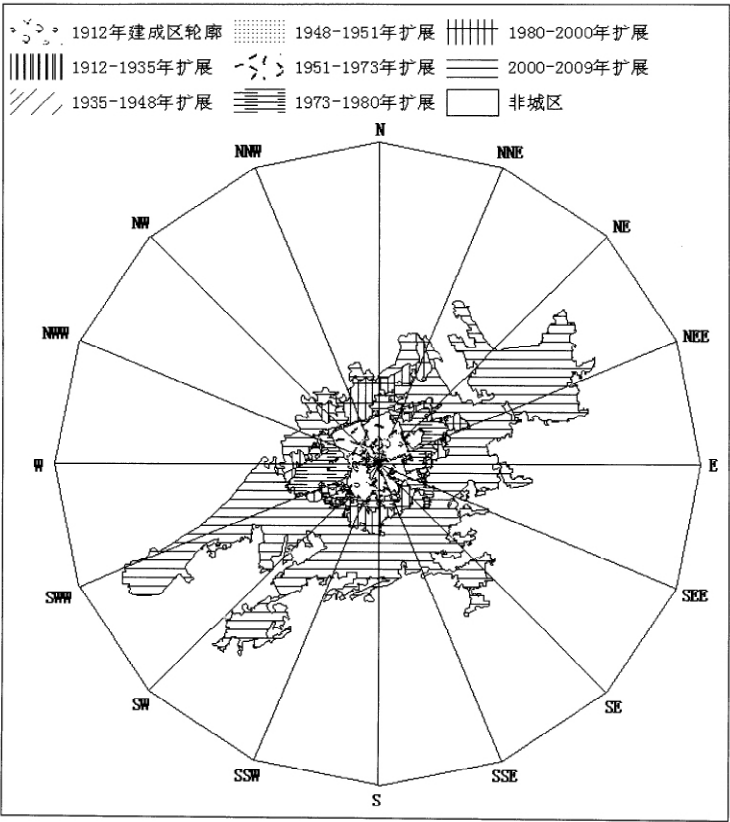


图 1 1912 - 2009 年呼和浩特市建成区扩展图

Fig. 1 The expansion graph of Hohhot urban Built-up area from 1912 to 2009

表 1 1912 - 2009 年呼和浩特市紧凑度变化

Tab. 1 Variation of compact index of Hohhot city from 1912 to 2009

年份	1912	1935	1948	1951	1973	1987	2000	2009
紧凑度	0.590	0.288	0.225	0.218	0.547	0.305	0.318	0.186

3.2 扩展强度指数分析

研究区扩展强度指数反映(图 2),从 1912 年的 $7.08km^2$ 增加到 2009 年的 $348.64km^2$,增长了 49.25 倍,扩展强度指数为 49.7%;1912 - 1948 年间,城市扩展比较缓慢,面积达到 $0.24km^2$;新中国成立初期即 1948 - 1951 年间,扩展面积为 $0.72km^2$,扩展强度指数是 1935 - 1948 年间的 12.73 倍;1951 - 1973 年间,扩展面积达到 $21.01km^2$,扩展强度指数为 1948 - 1951 年间的 3.65 倍,原两城之间的空隙地基本上被城镇用地所填充,研究区城市建设已进入快速发展期;1973 - 1987 年内城市空间又向外围进一步扩展;1987

-2000年间,扩展面积为 36.13km^2 ,城市外延扩张速度减缓;到2000-2009年间,扩展面积为 251.66km^2 ,扩展强度指数为 28.83% ,扩展面积与扩展强度指数达1987-2000年的7倍和6.8倍,再次出现快速扩展的高峰。

3.3 城市空间扩展方位定量分析

通过计算各方位扩展强度指数可统计分析不同年份各扇区的扩展强度指数,并实现各时期不同方位的扩展差异和主要扩展方向的时空特征,从而进一步对各时期不同扇区的扩展强度进行分类分析。按扩展强度指数划分高速扩展型、快速扩展型、中速扩展型、低速扩展型和滞后扩展5种扩展类型(表3),同一时期内扩展类型相同或接近的相邻方位共同构成城市空间主导扩展翼,可显示呼和浩特市不同历史时期各方向上的空间扩展特征。

用雷达图表示(图3)不同年份各扇区的扩展强度情况,与此同时为了进一步直观地对比各时期不同方位的扩展差异以及该时段主要扩展方向,导入扩展强度指数的均值、标准差与变异系数等参数进行分析(表2和表3)。1912-1935年间标准差是0.057,扩展强度值的分散度最低,变异系数的变化也最小仅0.003,这表明这时段各方位的扩张强度值较低并且非常接近,扩展方向(表3)而言SWW、W为高速扩展型,NEE、SSW、SW为快速扩展型,多数扇区落入中速、低速和滞后扩展型范围之内,与其同时W-SWW-SW-SSW形成了主要扩展翼,NEE-NE形成了次要扩展翼。1935-1951年内标准差和变异系数分别有所提高,扩展强度值的分散度连续提升至1912-1935年的3倍左右,因此这两个时段内扩张强度指数总体上紧接着上涨,NNW-NW形成了1935-1948年的主要扩展翼,城市以西北方向为高速扩展,NNW-W-SWW构成了西北至西南方位的扩展翼,属于快速和中速扩展型;1948-1951年间NEE、NEE、SWW为高速扩展方位,N、SW是快速扩展方位,而NNW-NW-NWW构成了西北翼,中速扩展。1951-1987年内标准差高达0.898,扩展强度值的分散度明显上升,变异系数增至0.806,扩张强度指数的波动性较大,表明该时期扩张强度指数的差异较大,1951-1973年间N-NNW-NW-NWW形成了主要扩展翼,城市以西北方向扩展,SSE-SE-SEE-E构成了次要扩展翼,以东南方向拓展;而低速和滞后扩展型分别有3个扩张方向;1973-1987年间主导扩展方向是单一的,即SWW,NEE-NE-NNE-N是次要扩展方向,主要扩展翼比起次要扩展程度较大。1987-2000年标准差急速下降,从而扩展强度值的分散度超速降低,接近于平均值,变异系数低至0.013,扩展强度指数的波动性大大降低,各方位扩展强度指数的差异很小,相比之下,NEE-N-NNW-NW为主导扩展翼。2000-2009年间标准差迅速上升至1.393,是上期的10倍以上,扩展强度值的分散情况更明显,变异系数达到1.940,扩张强度指数的波动性很强,扩展强度指数的差异显得更高,NE、SW和SSW方向是高速、快速扩展型,主要以西南、东北拓展,NEE、SE、SWW为中速扩展型,而低速、滞后扩展型均有5种扩展方向;1912-2009时段内标准差进一步提升到1.745,扩展强度值的分散度范围特别明显,变异系数值升至1.940,扩张强度指数的波动性更强,扩展强度指数的差异更为显著,SWW-SW-SSW和NEE-NE构成了主要扩展翼。

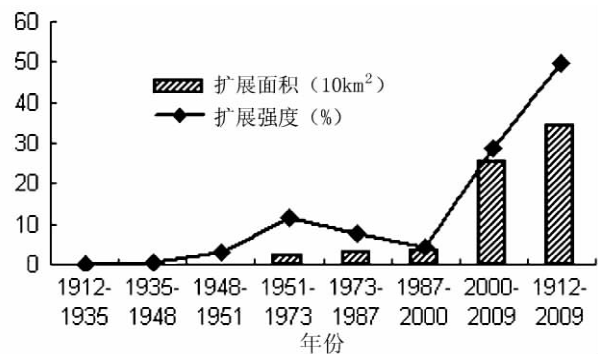


图2 1912-2009年呼和浩特市扩展情况

Fig. 2 Status of Hohhot city expansion from 1912 to 2009

表2 各时段各方位城市扩展强度指数差异统计表

Tab. 2 The Statistics of urban expansion intensity index difference in each period and each azimuth

时间段	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数
1912-1935	0.000	0.16	0.063	0.057	0.003
1935-1948	0.000	0.330	0.101	0.110	0.012
1948-1951	0.010	0.490	0.183	0.156	0.024
1951-1973	0.110	1.620	0.704	0.463	0.215
1973-1987	0.090	3.660	0.948	0.898	0.806
1987-2000	0.030	0.440	0.187	0.113	0.013
2000-2009	0.190	4.870	1.804	1.393	1.940
1912-2009	1.250	7.290	3.124	1.745	3.045

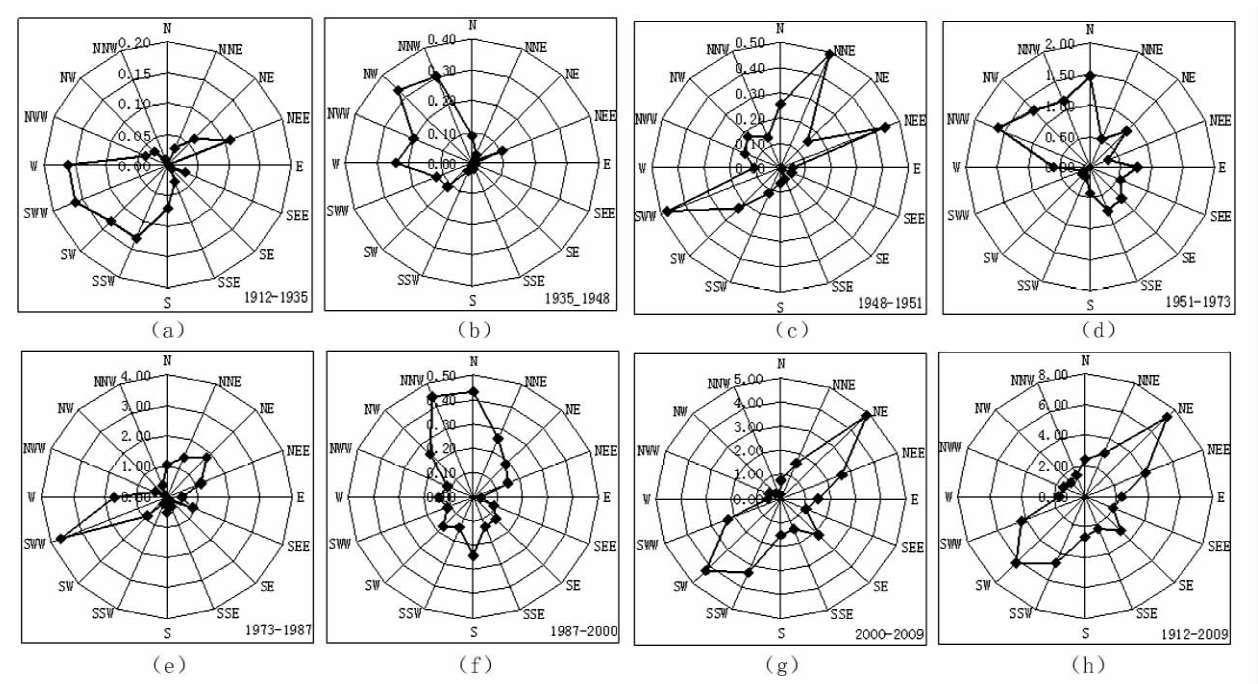


图 3 1912 - 2009 年不同方位城市扩展强度雷达图 NNE、NEE、SWW
Fig. 3 The radar - graph of urban expansion intensity in different directions from 1912 to 2009

表 3 各时段城市扩展类型

Tab. 3 The Urban expansion types in each interval

时段	高速扩展型	快速扩展型	中速扩展型	低速扩展型	滞后扩展型
1912 - 1935	SWW、W	NEE、SSW、SW	NE、S	NNE、SEE、SSE、NNW、NW	N、E、SE、NNW
1935 - 1948	NW、NNW	W、NW	NEE、SW、SWW	N、NNE、SSW	NE、E、SEE、SE、SSE、S
1948 - 1951	NNE、NEE、SWW	N、SW	NE、SSW、W、NW、NW、NNW	E、SEE、SSE、S	SE
1951 - 1973	NW	NW、NNW、N	NE、E、SSE、SEE、SE、W	NNE、NEE、S	SSW、SW、SWW
1973 - 1987	SWW	N、NNE、NE、NEE、W	SEE、S、SW	E、SSE、NNW、NNW	SE、SSW、NW
1987 - 2000	N、NNW	NNE、S、NW	NE、NEE、SW	SE、SSE、SSW、SWW、W、NNW	E、SEE
2000 - 2009	NE、SW	NE、SW	NEE、SE、SWW	NNE、E、SEE、SSE、S	N、W、NNW、NW、NNW
1912 - 2009	NE、SW	NEE、SSW、SWW	NNE、SE	N、E、SSE、S	W、NNW、NW、NNW、SEE

4 研究区近百年城市空间扩展过程及其特征

通过紧凑度、扩展强度指数、用雷达图形表示(图 3)不同年份各扇区的扩展强度分析,发现研究区近百年来的城市空间扩展过程有四次明显的变化阶段,即低速扩展期(1912 - 1951)、中速扩展期(1951 - 1973)、快速扩展期(1973 - 2000)和高速扩展期(2000 - 2009)。而且这几个阶段以特定的社会经济发展为背景,体现研究区城市空间扩展的时代特征。

4.1 东北方向低速扩展期(1912 - 1951)

随着交通发展,小农经济迅速解体到新中国成立初期,呼和浩特市城市建设缓慢发展,扩展强度从 1912 - 1951 年逐渐提升,各方位的扩展强度差异不大,扩展强度最大值方位为 1948 - 1951 年的 NNE,最小值方位是 1912 - 1935 年的 N 和 E,1935 - 1948 年的 SE(表 2 和图 3a - 3c),从而紧凑度从 1912 年的最高降到 1951 年的 0.218,并且这 30 多年的发展中呼和浩特市从"绥远城"和"归化城"组成的独立双组团形态逐渐扩展成带有火车站居住区的三组团,向东北、西南方向低速扩展(图 3c),围绕着火车站呈现出更多的居民点、商铺与交通路线。

4.2 西北方向中速扩展期(1951 - 1973)

从新中国成立至 1973 年时,扩展强度和紧凑度急速提高,各方位的扩展强度差异较明显,扩展强度最大方位是 1951 - 1973 年的 NNW,最小方位为 SWW,城市以"摊大饼"式组团之间填充,直到 1973 年,基本上结束了城市内部的填充式扩展。城市空间从东北至西北拓展(如图 3d)。20 世纪 50 年代开始,围着城

区东、南、西、西北方向逐渐呈现了一些工业区、教育基地、卫生院和文化机构,在城区西部及西北翼修建了钢铁厂、机床附件厂、化工厂、焦化厂、热电厂等构成的工业区,还创建了内蒙古医学院、内蒙古蒙文专科学校、内蒙古工学院、内蒙古博物馆、内蒙古赛马场等。在此基础上由于城市经济的发展,城镇建设得到了重视,呼和浩特市积极开展科学的城市规划工作,对城区内旧街道整修规范化的同时,建设较多的新道路、居住区、企业等等。

4.3 西北方向快速扩展期(1973–2000)

从 20 世纪 70 年代到 90 年代末,随着扩展强度下降各等扇区的扩展强度差异变小,扩展强度指数较接近,扩展强度最大方位为 NNW,最小方位是 E。紧凑度提高。在 1974–2000 间城市空间向西南–西北拓展(图 3e 和图 3f),然而从 20 世纪 80 年代城区西翼逐渐出现了体育馆、科技馆、财经学院、少年宫等主要用地,90 年代初,继续兴建了金川开发区。

从 1988–2000 年内区委坚持新区建设与旧区改造并举的方针,抢抓城市建设的发展下呼和浩特市已进入快速扩展期,城区主要从西至东北拓展,并积极妥善地推进城市化,不断完善城市体系结构。

4.4 东北方向高速扩展期(2000–2009)

2001–2009 年在国家西部大开发战略实施的带领下,呼和浩特市扩展强度高速提升至最高,各方位的扩展强度差异最明显,扩展强度最大方位为 NE,最小方位是 NNW,导致紧凑性差。这段时间内市区主要完成了火车东站的建设,白塔机场的扩建,二环路的建设,自治区政府及市、区两级党政办公楼的外迁址,又进一步实施开发区及工业园区带动战略,建成如意南区和金川南区,开展了裕隆工业园区、鸿盛工业园区、金海工业园区、出口加工区的修建,城区主要向东北、西南扩大(图 3g),使本市城市改造建设拓展到了高速扩展期。

总之,随着城市建成区的扩展,城市扩展强度增大,进而各方位的扩展强度差异较明显,紧凑性差。城市扩展强度缓慢时,各方位的扩展强度差异不大,扩展强度指数较接近,导致紧凑度较高。

5 结论

在近百年以来呼和浩特市建成区面积不断地扩张。城市空间结构以分散状态为主,紧凑度较高的是 1912 年,1973 年,由于 1912 年呼和浩特市是由空间上相对独立的两个板块来组成,各板块的内部空间建筑相对集中,紧凑性强,之后随着城市空间的扩展,其单一的空间形态逐渐被破坏,先前的两个板块被连接在一起,从而紧凑性降低。经过城市空间的不断地填充,1973 年城市空间再次进入相对集聚阶段。经过定量分析各方位扩展强度指数揭示出 1951 年前该市各扇区扩展强度差异较小,随之建国初期至 20 世纪 80 年代中期由于城市经济的发展,城镇建设得到了重视,各扇区扩展强度明显提高。1987–2000 年间因对城市内部的旧街道整修规范化扩展强度急速降低,直到 2009 年显著提高到前期 12 倍,城市扩展规模达到历史最高水平。

参考文献

- [1]何流,崔功豪. 南京城市空间扩展研究[J]. 城市与区域经济, 2000(10): 52–53.
- [2]尹芳,冯敏,钟凤,李秀霞. 基于 GIS 的四平市城市扩展遥感分析[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(2): 244–245.
- [3]牟凤云,张增祥,谭文彬. 基于遥感和 GIS 的重庆市近 30 年城市形态演化特征分析[J]. 云南地理环境研究, 2008, 20(5): 1–5.
- [4]李全林,马晓冬,朱传耿,孙雨,车前进. 基于 GIS 的盐城城市空间结构演化分析[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 70–73.
- [5]吴铮争,宋金平,王晓霞,成弈,张宁. 北京城市边缘区城市化过程与空间扩展—以大兴区为例[J]. 地理研究, 2008, 27(2): 287–289.
- [6]李雪瑞. 天津市土地利用变化与城市扩展研究[D]. 北京林业大学硕士学位论文, 2010: 37–44.
- [7]姚燕华,陈清. 近代广州城市形态特征及其演化机制[J]. 现代城市研究, 2005(7): 33–35.
- [8]乔林凰,杨永春,向发敏,杨晓娟. 1990 年以来兰州市的城市空间扩展研究[J]. 人文地理, 2008, 23(3): 60–61.
- [9]绥远通志馆修纂《绥远通志稿》卷十七,1930 年代稿本[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 2005: 400–401.
- [10]绥远通志馆修纂《绥远通志稿》卷十七,1930 年代稿本[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 2005: 393.
- [11]乌云格日勒. 十八至二十世纪初内蒙古城镇研究[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 2005.
- [12]金启琮. 呼和浩特旧城的变迁和新城的兴建[J]. 内蒙古大学学报, 1960(2): 10–21.
- [13]戴学稷. 呼和浩特简史[M]. 北京:中华书局, 1981.
- [14]〔日〕近藤富城,潘梅花,译. 清代归化绥远城市区的形成过程[J]. 蒙古学信息, 1996(1): 26–27.
- [15]赵晓丽,张增祥,易玲,刘斌. 呼和浩特市城市用地的扩展及其驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(10): 32–33.
- [16]张威. 从呼和浩特城市演变过程看绥远城兴建的意义[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2010, 31(5): 58–59.

[17]王静芬,匡磊. 呼和浩特市城市空间形态发展及其特征研究[J]. 北方经济 2007(10):56-57.

[18]张威. 1572-1921 年呼和浩特市城市形态演变分析[J]. 内蒙古社会科学(汉文版) 2009,30(2):55-60.

Studies on urban spatial expansion and its evolution trend of Hohhot city based on RS and GIS

Erdeniqige¹, Alatengtuya¹, Wudun^{1,2}

(1. College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, P. R. China;

2. The research center of Mongolian Studies of Inner Mongolia University, Hohhot 010021, P. R. China)

Abstract: Based on dual technology of RS and GIS, the expand intensity index, compact index and equal fan-analysis, the data with historical map in 5 periods and remote sensing image of Hohhot city in 3 periods were applied to the research. Evolution spatial scale and quantitative analysis of extended position and quantitative analysis of empirical development of urban space were used to research the spatial and temporal evolution of urban space and expansion of the anisotropic and to summarize the different stages of expansion. During 1912-1948, the compact index had fallen sharply from highest value in 1912. This time was the low-speed expansion period of the city and the city expanded from southwest to the south; From 1949 to 1951, the compact index decreased. It raised to a higher level in 1973 and dropped sharply until 1987 and the city expanded by moderate speed to southwest and northeast in the 38-year period; From 1988 to the end of the 20th, the compact index has advanced. The Hohhot City entered the period of rapid expansion and it mainly expanded from west to northeast; During 1912-1948, the compact index was the worst. Northeast and southwest direction of the urban has become the dominant propagation direction and the city expanded further to the high-speed expansion period.

Key words: urban expansion; compact index; Hohhot City