

单中心扩展型城市的交叉口交通量时空演变 ——以长春市为例

杨青山, 张 鹏, 张 佳, 王 岩, 肖超伟

(东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024)

摘要: 以长春市这一典型单中心扩展型城市为例, 通过对 1980 年、1985 年、2000 年和 2007 年 4 个时间断面 60 个道路交叉口交通量的数据分析, 研究典型单中心扩展型城市的主要道路交叉口交通量时空演变特征和规律, 得出的主要结论为: (1) 主要道路交叉口人流量与车流量的空间分布及演变特征带有典型的单中心圈层式扩展和轴向集聚特点, 即圈层式中心放射状特征。具体表现为城市中心区交通量和道路利用率较高, 边缘区交通量和道路利用率偏低; (2) 主要道路交叉口人流量与车流量时空演变特征存在差异, 人流量增幅较小、增速较慢, 历年间变异系数均维持较高水平且变化不大, 中心集聚特征明显。车流量增幅较大、增速较快, 历年间变异系数均较人流量小且变化较大, 在中心集聚的基础上, 沿主要交通干道呈现明显的点轴式集中特征; (3) 虽然 1980~2007 年主要道路交叉口人流量与车流量发生较大变化, 但交通量时空分布格局并没有根本改变, 反映出单中心扩展型城市空间结构对交通量空间分布的强大制约性。

关 键 词: 单中心扩展型城市; 交叉口交通量; 时空演变; 长春市

文章编号: 1000-0585(2010)11-2070-10

1 前言

目前, 国内外学者围绕城市交通量时空分布特征问题的研究主要集中在交通流向、出行方式、通勤时间及距离等方面^[1~8], 并认为单中心城市空间结构因交通吸引源和发生源的集中而导致交通拥堵^[9~11]。在交通量的空间变化研究方面, Nithin、Newman、Kerworth、Heart、Bennet、Jennifer Biringe 和 Anotnio 等国外学者主要从土地利用与城市空间结构的角度来探讨交通问题从而反映交通量的空间分布差异^[12~14]。而针对交通量在典型单中心空间结构影响下的时空演变特征的研究相对较少。本文以长春市为例, 重点研究单中心城市空间结构演变下的城市道路交叉口交通量时空变化的特征。

长春市是典型的单中心扩展型城市, 20 世纪 80 年代以来, 城市空间扩展速度明显加快, 城市用地规模 (建成区面积) 由 1980 年的 104 km² 增加到 2007 年的 285 km², 扩展方式带有典型的圈层式和点轴式特征 (图 1)。

收稿日期: 2009-11-18; 修订日期: 2010-04-29

基金项目: 国家社会科学基金一般资助项目 (08BJY056); 国家自然科学基金项目 (40671047); 国家大学生创新性计划资助 (081020019)

作者简介: 杨青山 (1963-), 男, 辽宁葫芦岛人, 教授, 博士生导师。主要从事人地关系与区域可持续发展、城市与区域规划等方面的研究与教学工作。E-mail: yangqs027@nenu.edu.cn。张鹏, 男, 辽宁铁岭人, 博士研究生。主要研究方向为经济地理、城市地理、城市与区域规划。E-mail: zhangp575@nenu.edu.cn。

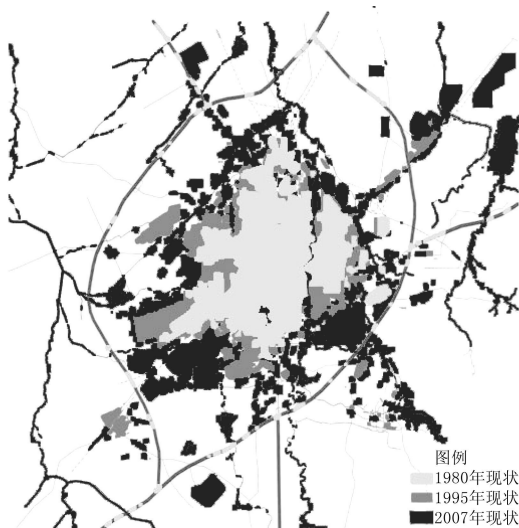


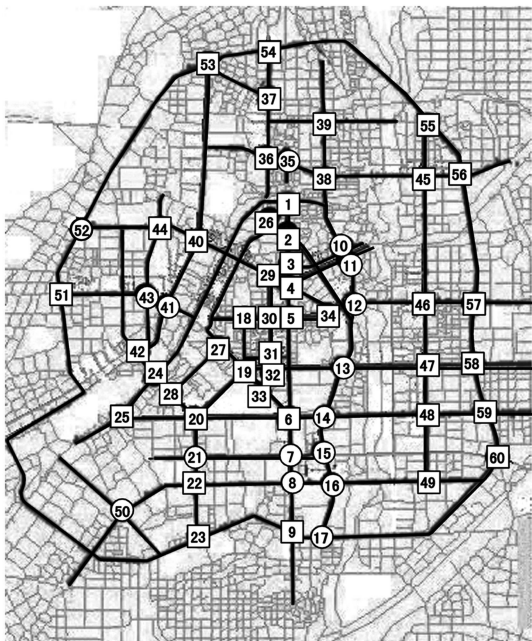
图 1 长春市 1980 年以来城市建成区空间扩展示意图

Fig. 1 Spatial expansion of urban built-up area in Changchun since 1980

2 数据与方法

2.1 数据来源与说明

研究涉及的长春市主要道路交叉口的交通量数据来源于长春市公安交通警察支队及



- 1 人民大街与辽宁路长白路交汇处
- 2 人民大街与北京大街交汇处
- 3 人民大街与重庆路交汇处
- 4 人民大街与西安大路、长春大街交汇处（人民广场）
- 5 人民大街与解放大路交汇处
- 6 人民大街与南湖大路交汇处
- 7 人民大街与繁荣路交汇处
- 8 人民大街与卫星路交汇处
- 9 人民大街与南环城公路交汇处
- 10 亚泰大街与东三马路交汇处
- 11 亚泰大街与长春大街交汇处
- 12 亚泰大街与吉林大路交汇处
- 13 亚泰大街与自由大路交汇处
- 14 亚泰大街与南湖大路交汇处
- 15 亚泰大街与繁荣路交汇处
- 16 亚泰大街与卫星路交汇处
- 17 亚泰大街与南环城公路交汇处
- 18 新民大街与解放大路交汇处
- 19 新民大街与工农大路、自由大路交汇处（新民广场）
- 20 延安大街与宽平大路、南湖大路交汇处（南湖广场）
- 21 前进大街与繁荣路交汇处
- 22 前进大街与卫星路交汇处
- 23 前进大街与南环城公路交汇处
- 24 开运街与宽平大路交汇处
- 25 开运街与南湖大路交汇处
- 26 汉口大街与北京大街交汇处
- 27 红旗街与工农大路交汇处
- 28 红旗街与宽平大路交汇处
- 29 同志街与西安大路交汇处
- 30 同志街与解放大路交汇处
- 31 同志街与桂林路交汇处
- 32 同志街与自由大路交汇处
- 33 同志街与工农大路交汇处
- 34 民康路与解放大路交汇处
- 35 人民大街与台北大路的交汇处
- 36 凯旋路与台北大街交汇处
- 37 凯旋路与柳影路交汇处
- 38 亚泰大街与铁北四路交汇处
- 39 亚泰大街与长新路交汇处
- 40 青年路与西安大路交汇处
- 41 普阳街与景阳大路交汇处
- 42 普阳街与春城大街交汇处
- 43 正阳街与景阳大路交汇处
- 44 基隆南街与西安大路交汇处
- 45 东荣大街与远达大街交汇处
- 46 东盛大街与吉林大路交汇处
- 47 东盛大街与自由大路交汇处
- 48 仙台大街与东南湖大路交汇处
- 49 仙台大街与卫星路交汇处
- 50 硅谷大街与飞跃路交汇处
- 51 西环城公路与景阳大路交汇处
- 52 西环城公路与西安大路交汇处
- 53 北环城公路与青年路交汇处
- 54 北环城公路与凯旋路交汇处
- 55 东环城公路与远达大街交汇处
- 56 东环城公路与东荣大路交汇处
- 57 东环城公路与吉林大路交汇处
- 58 东环城公路与自由大路交汇处
- 59 东环城公路与东南湖大路交汇处
- 60 东环城公路与卫星路交汇处

图 2 长春市道路交叉口空间分布图

Fig. 2 The spatial distribution of intersections in Changchun

注：□型标记为数据完整的交叉路口；○型标记为个别年份有数据缺失的交叉路口。

长春市交通运输局提供的交叉口各年交通量统计表,统计的交叉路口样本数为 60 个(图 2),数据主要包括 1980 年、1985 年、2000 年、2007 年“五一”期间(4 月 30 日~5 月 4 日)、“十一”期间(9 月 30 日~10 月 4 日)、“元旦”期间(12 月 31 日~1 月 3 日)及全年日平均 6 小时、12 小时、16 小时、24 小时各主要交叉路口的车流量和人流量数据。考虑到 16 小时(早 8:00~晚 24:00)交通量占各路口交通量 90% 以上的特点,本文选取全年日平均 16 小时交通量为基本数据,主要研究交通量空间分布状态及特征、交通量变异程度和交通量时间断面相关性及时变特征。

2 2 研究方法

2 2 1 交通量空间分布状态及特征 主要利用 ArcGIS 中 ArcScene 三维可视化技术,将研究区域内各时间断面的交叉路口的全年日平均 16 小时的人流量和车流量分别作为 Z 值进行三维立体显示,并利用 ArcGIS 统计分析模块进行全局趋势分析,主要反映人流量和车流量在研究区域上变化的空间特征。在趋势面分析图中,Y 轴代表正北方向,X 轴代表正东方向。

2 2 2 交通量变异程度分析 分别对长春市各交叉路口的人流量和车流量计算不同时间断面的变异系数,以分析各时间断面内交叉路口交通量的差异和时间断面间的相对变化(波动)程度。计算公式如下:

$$C_v = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (1)$$

式中,变异系数越大,各样本要素之间差异越大;变异系数越小,各样本要素之间差异越小。

2 2 3 交通量时间断面相关性及时变分析 分别用 1980 年和 2000 年的人流量及车流量与 2007 年人流量及车流量进行时间断面间相关分析,并绘制散点图和趋势线,来评估长春市各交叉路口交通量整体发展态势和交通量变化的离群点及变化幅度,同时,利用 R^2 系数的大小进一步对变异系数的计算进行验证。

3 结果与分析

3 1 交通量空间分布特征分析

运用 ArcGIS 中 ArcScene 三维可视化技术和统计分析模块,对长春市各交叉路口人流量和车流量数据分别进行计算和分析,所得结果如下:

3 1 1 人流量空间分布特征分析 依据图 3a 和图 3b 可以发现,1980 年的人流量高峰路口包括:火车站广场、人民大街与北京大街交汇处、人民大街与重庆路交汇处、人民广场、人民大街与解放大路交汇处、工农广场、红旗街与工农大路交汇处、新民广场、同志街与桂林路交汇处、同志街与自由大路交汇处等,这些交叉路口均分布于城市中心区,范围大致在自由大路以北、火车站以南、建设街以东、亚泰大街以西的地域。2007 年,各交叉路口人流量较 1980 年均均有不同程度的增加,中心区增幅较大,边缘区增幅相对较小,并有以原人流量高峰路口为基点,以主要交通通道为轴线向东部和南部点轴式发展的态势。如人民大街一线、亚泰大街一线的交通量均呈现点轴式的向南发展趋势;向东的扩展则主要沿自由大路和解放大路两条东西向交通干道推进。

图 3c 和图 3d 表明,1980 年和 2007 年的人流量空间分布在南北方向和东西方向均形

成明显的倒 U 形趋势。南北方向上，两个年份的 U 形曲线均平缓，从城市中心区向南、北方向逐渐递减，但南部人流量明显高于北部；东西方向上，两个年份人流量的 U 形曲线均呈现典型的正态分布状态。

综上所述，长春市各交叉路口人流量在空间分布上呈现中心集聚态势，市中心区人流量最为集中，并逐渐向城区边缘递减，动态变化特征呈圈层式中心放射状；虽然各交叉路口人流量有不同程度增加，但空间分布格局的时间变化并不明显，中心集聚的向心分布特征并未得到改变。

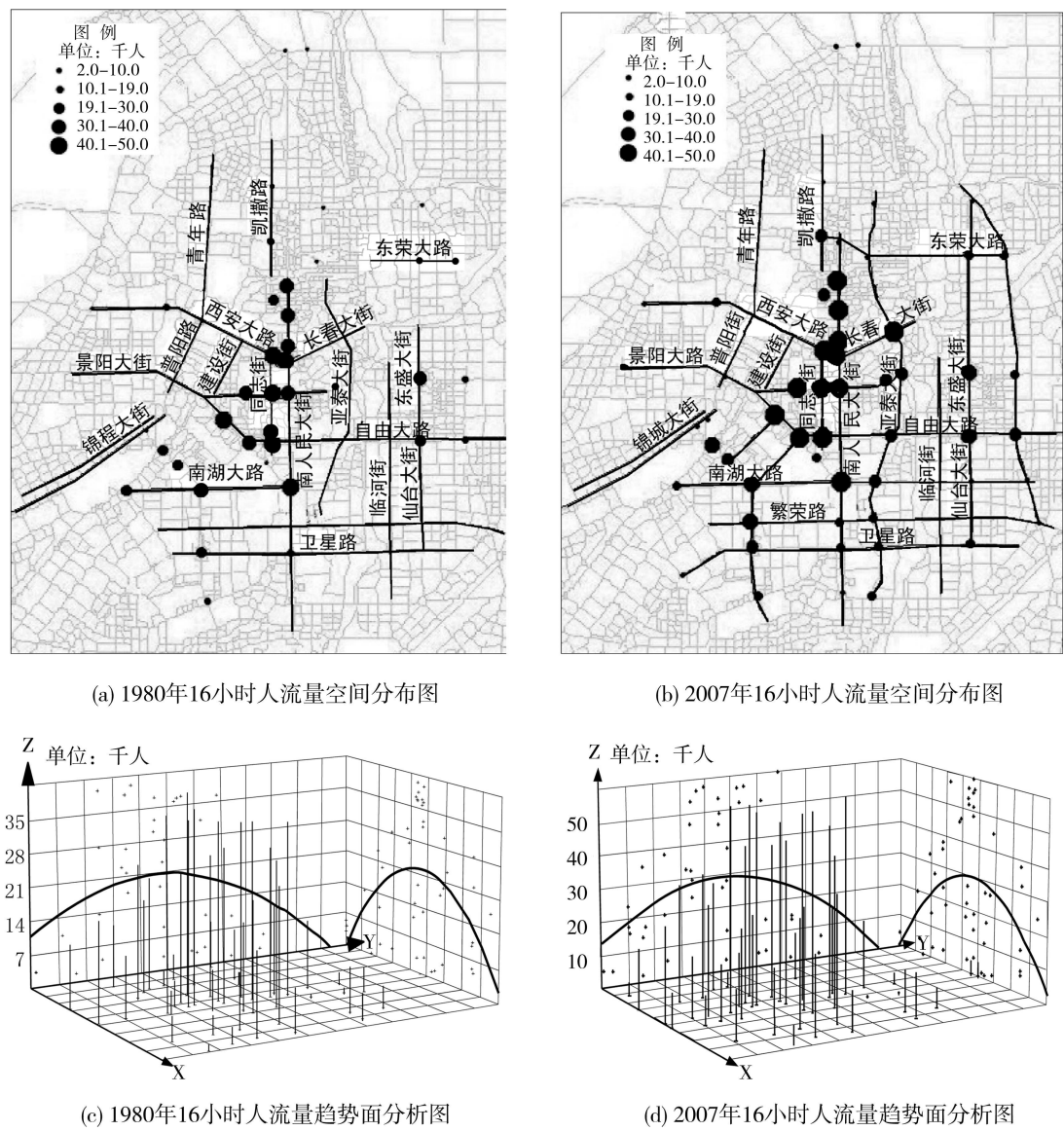


图 3 1980 年和 2007 年人流量空间分布及趋势面分析图

Fig 3 Spatial distribution and trend surface of population flow in 1980 and 2007

3 1 2 车流量空间分布特征分析 图 4a 和图 4b 表明, 同人流量相比, 长春市各交叉路口车流量增幅均较大。1980 年仅火车站广场一个交叉路口的日平均 16 小时车流量达到 15 千辆以上, 到 2007 年, 全市日平均 16 小时车流量达到 15 千辆的交叉路口超过 50 个, 其中增幅最大的是位于市中心的人民广场, 增幅达 58 千辆。

图 4c 和图 4d 表明, 车流量的空间分布在南北方向和东西方向上的倒 U 形趋势较人流量弱, 说明车流量的中心集聚程度没有人流量高。从 1980 年和 2007 年车流量的空间分布

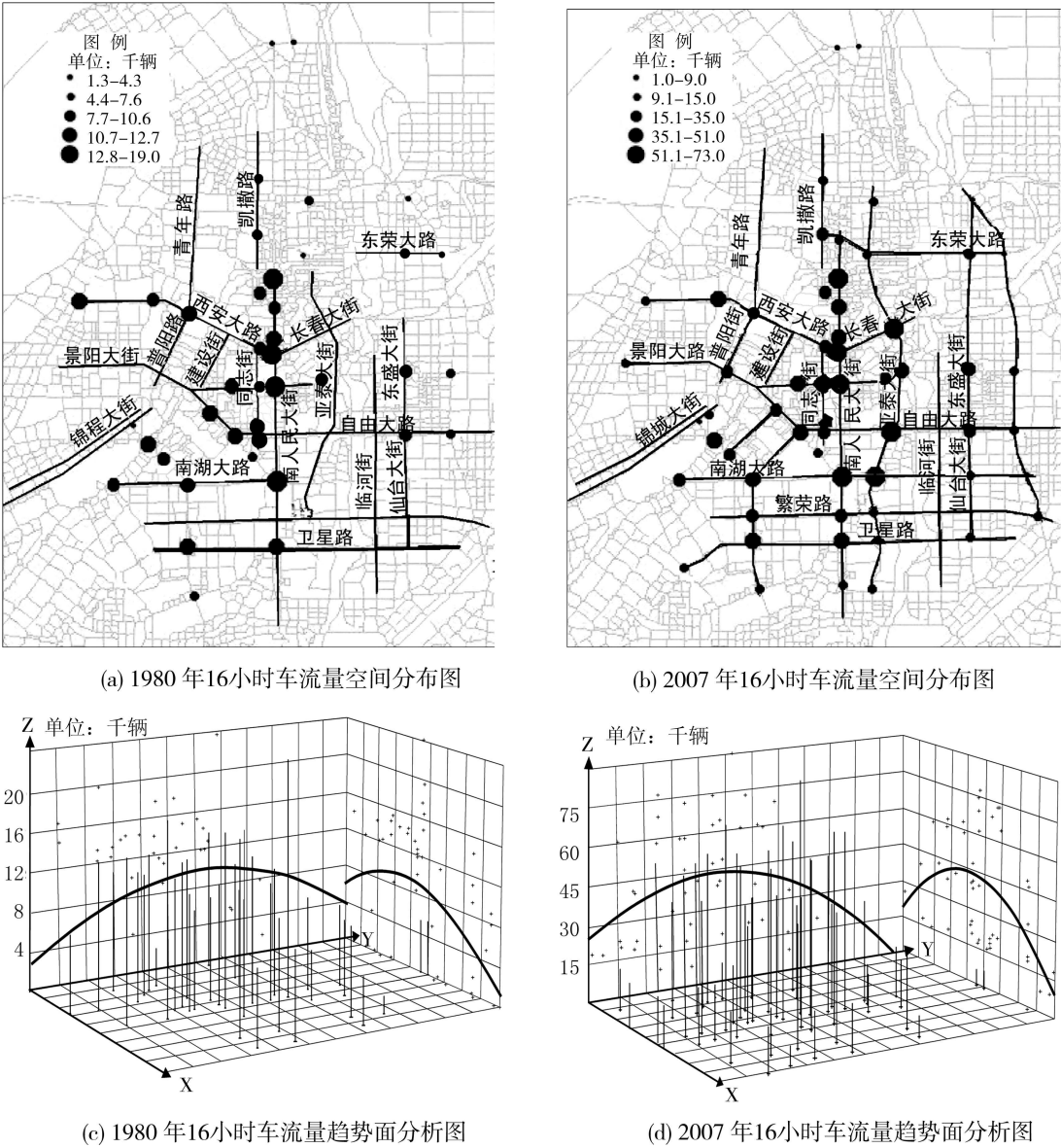


图 4 1980 年和 2007 年车流量空间分布及趋势面分析图
Fig 4 Spatial distribution and trend surface of vehicle flow in 1980 and 2007

变化看，无论在南北方向还是东西方向，2007 年的倒 U 形趋势比 1980 年都略微明显，说明中心区与边缘区的车流量差值在逐渐增大。东西方向上，西部车流量明显高于东部，但东部增速和增幅大于西部。南北方向上，呈现明显的南部增速和增幅高于北部的态势。这与长春市 1980 年以来主要向南部和东部扩展有关。

综上所述，长春市各交叉路口车流量增幅均较大，且分布特征与人流量相似，仍呈现中心集聚态势，但集中程度较人流量弱；空间组织形式上，1980 年的车流量主要围绕火车站广场进行点状空间组织，到 2007 年则呈现以交通干道为主的线状空间组织形式，点轴式发展特征更为明显。

3 2 交通量差异及波动分析

利用 1980 年、1985 年、2000 年和 2007 年长春市各交叉路口的日平均 16 小时人流量和车流量数据绘制日平均 16 小时交通量年变化示意图(图 5a)，并根据公式(1)，利用 SPSS15.0 统计分析软件，计算各年度日平均 16 小时人流量和车流量空间变异系数(图 5b)。

图 5a 的日平均 16 小时交通量年变化情况显示，从 1980 年的车流量 329.59 千辆/每日、人流量 663.9 千人/每日上升到 2007 年的车流量 1015.99 千辆/每日、人流量 818.24 千人/每日。2007 年与 1980 年相比，日平均车流量增长了约 670 千辆，而日平均人流量仅增加了约 155 千人，说明日平均车流量远比日平均人流量增长快。

图 5b 的日平均 16 小时交通量变异系数表明，长春市主要交叉路口人流量空间分布变异系数较大，但时间变化幅度较小。说明各时间断面上主要交叉路口的人流量差异均维持较高水平，但时间断面间的相对波动较小，始终保持中心城区与城市边缘区人流量差异较大的态势；与人流量空间分布变异系数相比，主要交叉路口车流量历年空间变异系数相对较小，但历年间变化幅度较大，从 1980 年的 40.84% 上升到 2007 年的 45.26%，呈上升趋势。同时表明，车流量的增量并非均匀的分布在各个交叉路口，而是表现为个别交叉路口车流量的突增。

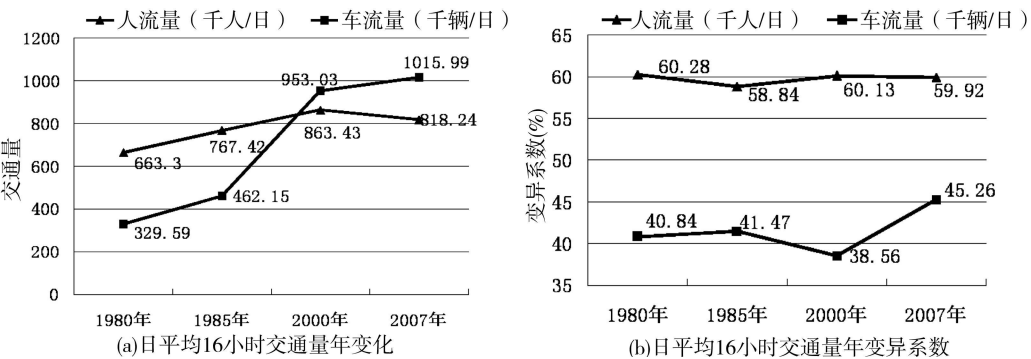


图 5 1980 年、1985 年、2000 年和 2007 年交叉路口日平均 16 小时交通量年变化及变异系数

Fig 5 Coefficient of variance and annual variation of average daily 16 hours of traffic in 1980, 1985, 2000 and 2007

3 3 交通量时间断面相关性及时变分析

用 1980、2000 与 2007 年的人流量和车流量分别进行时间断面间的散点图和趋势线绘制，由于只是对不同年份相同变量进行数据相关性分析，并不是自变量和因变量的关系分

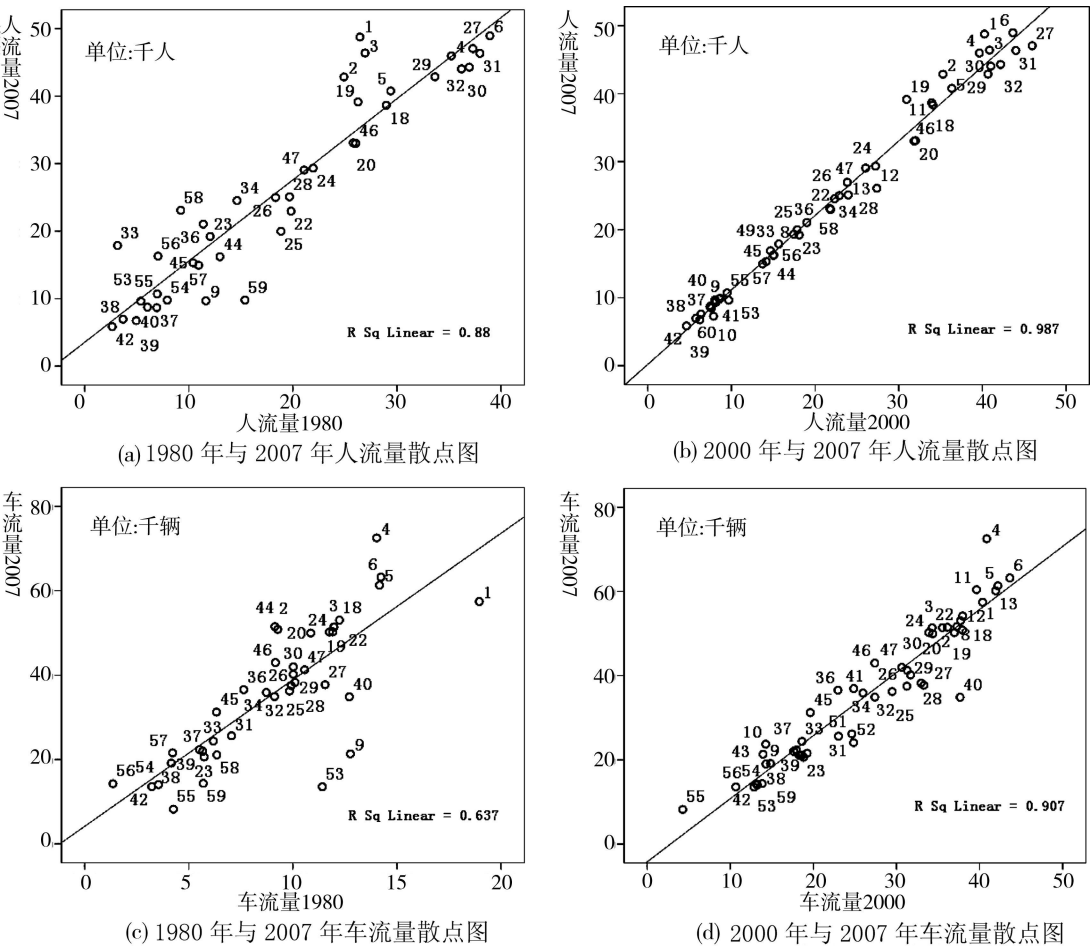


图 6 长春市交叉路口交通量时间断面间散点图及趋势线

Fig 6 Scatter diagram and trendline of traffic in intersections between time sections in Changchun

析, 故不计算线性方程并对其检验, 仅通过 R^2 值的大小来判断相关性的强弱。

从图 6a 和图 6c 看出, 1980 年与 2007 年人流量和车流量散点图 R^2 值较小、相关性较弱、离群点较多, 从图 6b 和图 6d 看出, 2000 年与 2007 年人流量和车流量散点图的 R^2 值均大于 0.9, 相关性显著、离群点较少, 说明交通量空间分布格局在 1980~2007 年之间相对变化较大、2000~2007 年之间相对变化较小。就人流量散点图和车流量散点图比较来看, 图 6a 和图 6b 的人流量相关性明显较图 6c 和图 6d 的车流量显著, 说明主要交叉路口车流量的波动较人流量大, 这与变异系数的计算结果相符。

从各散点图中主要交叉路口的分布情况可以找出位于趋势线上、下两侧的交叉口和离群点。一般位于趋势线上侧的交叉口和离群点交通量变化快于平均变化趋势, 位于趋势线下侧的则慢于平均变化趋势。利用极端值法检出图 6 各散点图中的离群点 20 个, 其中位于趋势线上侧的离群点 11 个, 下侧的 9 个 (表 1)。

从表 1 和图 6 可以看出, 2000 年与 2007 年人流量没有离群点。1980 年与 2007 年人流量的离群点均位于中心城区和环城公路上。其中, 中心城区的离群点均处于趋势线上侧,

表 1 长春市交叉路口交通量变化的离群点在散点图中的分布

Tab 1 The outliers of intersection traffic changes in the scatter diagram in Changchun

	趋势线上侧离群点	趋势线下侧离群点
1980 年与 2007 年人流量	火车站广场 (1)、人民大街与北京大街交汇处 (2)、人民广场 (3)、同志街与工农大路交汇处 (33)、东环城路与自由大路交汇处 (58)	人民大街与南环城公路交汇处 (9)、东环城路与南湖大路交汇处 (59)
2000 年与 2007 年人流量	——	——
1980 年与 2007 年车流量	人民大街与北京大街交汇处 (2)、人民广场 (4)、人民广场与解放大路交汇处 (5)、工农广场 (6)、西安广场 (44)	火车站广场 (1)、人民大街与南环城公路交汇处 (9)、青年路与西安大路交汇处 (40)、北环城路与青年路交汇处 (53)、东环城路与远达大街交汇处 (55)、东环城路与南湖大路交汇处 (59)
2000 与 2007 年车流量	人民广场 (4)	青年路与西安大路交汇处 (40)

增幅最大的为火车站广场。位于环城公路上的离群点多处于趋势线下侧，仅东环城路与自由大路交汇处位于趋势线上侧，原因是长春市一个较大的批发零售市场——中东大市场位于其附近，对人流量产生较大的诱增作用。

与人流量离群点相比，2000 年与 2007 年存在人民广场和青年路与西安大路交汇处两个离群点。说明 2000 年以来人民广场车流量增幅较大，向心交通压力持续增加；而青年路与西安大路交汇处车流量则出现下降趋势，主要原因是青年路与西安大路交汇处原是通向德惠、农安等外县市的必经路口。随着人民大街北路、凯旋路等道路的建成通车，去往德惠、农安不再需要绕行至青年路与西安大路交汇处，相应的人民大街与台北大街交汇处、凯旋路与台北大街交汇处的车流量增幅较大，致使青年路与西安大路交汇处交通节点功能衰落。

1980 与 2007 年车流量的离群点分布特征与人流量相似，主要位于中心城区和环城路上。中心城区的离群点除火车站广场外，均处于趋势线上侧，增幅最大的为人民广场，其为长春市几何中心和放射型道路系统的中心点，交通地位突出；环城路上的离群点均处于趋势线下侧，较为明显的离群点包括人民大街与南环城公路交汇处、北环城路与青年路交汇处。人民大街与南环城公路交汇处位于长春市高速公路出入口处，车辆沿人民大街经此路口进出市区，是长春市南部重要交通节点，但车流量实际增幅较小，主要原因是其东西向车流量较少导致总体增幅不大。北环城路增幅较小的主要原因是青年路的衰落和环城路车流量较小。由此可判断，目前长春市环城路尚未得到充分利用；火车站广场车流量的离群并处于趋势线下侧说明其交通中心地位逐渐下降。究其原因，一是与人们外出交通方式的多样化有关，铁路的运输地位在下降；二是与城市轨道交通的发展有关，长春轻轨枢纽站就设在火车站广场，轻轨疏散了较大的客流；三是与火车站广场周边地区商业的衰落有关，其中以长江路的衰落影响最大。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过以上对单中心扩展型城市的交叉口交通量时空演变分析，以长春市为案例，得出

以下结论:

(1) 交通量空间分布呈现明显的圈层式中心放射状特征 长春市单中心扩展型城市空间结构,使城市中心区成为主要的交通发生源和吸引源,人、车流量较大,而边缘区相对较小。在单中心圈层式扩展过程中,虽然中心区与城市边缘区主要交叉路口人、车流量均出现不同程度的增加,但增幅依然存在向心特征,增幅较大的交叉路口多分布在中心区或中心区周边区域,导致主要道路交叉口人流量与车流量的空间分布及演变特征带有典型的单中心圈层式扩展和轴向集聚特点,即圈层式中心放射状特征。与之相应的道路利用率的分布也表现出中心区道路利用率偏高,交通拥堵现象严重,边缘区道路利用率偏低,甚至出现交通量负增长的现象,由此说明长春市外环路尚未得到充分利用。

(2) 车流量与人流量时空演变特征相异 长春市单中心扩展型城市空间结构影响下的车流量与人流量时空演变特征存在差异。主要表现在历年人流量空间变异系数均维持较高水平且年际变化不大,中心集聚特征明显;历年车流量空间变异系数均较人流量小且变化较大,在中心集聚的基础上,沿主要交通干道呈现明显的点轴式集中特征。

(3) 交通量时空演变格局没有根本改变 长春市单中心型城市发展模式的直接表现是城市“摊大饼”式的向外扩展,交通吸引源和发生源依然位于城市中心,虽然1980~2007年长春市主要道路交叉口人流量与车流量发生较大变化,但向心式的交通量时空分布格局并没有根本改变,反映出单中心扩展型城市空间结构对交通量空间分布的强大制约性。

4 2 讨论

单中心型城市发展模式下的交通量时空分布服从距离衰变法则,但在主要交通干道上存在着对法则的修正;单中心型城市发展模式下的城市外环路交通功能不强,故对此类城市交通规划的外环路设计应慎重;随着单中心型城市保有车辆的快速增加,交通拥堵难以避免(长春市从2008年开始主要交叉口都出现不同程度的拥堵现象)。因此,该类城市应在提高交通供给、分散交通需求上做足文章。提高交通供给方面,主要通过发展立体交通、增加静态交通设施等来解决;分散交通需求方面,应下决心改变单中心发展格局,走城市组团和商业地域结构相对均衡发展等道路。

参考文献:

[1] Cortie C, Dijst M, Ostendorf W. The Randstad a metroPolis? Tijdschrift voor Economische En Soeial Geografie, 1992, (83): 278~ 288.

[2] Gordon P, Richardson H W. Are compact cities a desirable planning goal? Journal of the American Planning Assciation, 1997, 63(1): 95~ 106

[3] 丁成日, 宋彦. 城市规划与空间结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005

[4] 魏后凯. 中国大城市交通问题及其发展政策. 城市发展研究, 2001, (2): 27~ 32

[5] 曹小曙, 杨帆, 阎小培. 广州城市交通与土地利用研究. 经济地理, 2000, 20(3): 74~ 77.

[6] 毛蒋兴, 阎小培. 城市土地利用模式与城市交通模式关系研究. 规划师, 2002, 18(7): 69~ 72.

[7] 毛蒋兴, 阎小培. 广州城市交通系统与土地利用协调研究. 规划师, 2005, 21(8): 20~ 24.

[8] 周素红, 阎小培. 城市交通与土地关系研究的进展. 规划师, 2005, 21(3): 58~ 62

[9] Saarinen E. 城市: 它的发展、衰败和未来. 顾启源译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986

[10] Lenardo B. The Origins of Moden Town Planning. London: The M. I. T Press, 1967.

[11] Hall, P. 城市与区域规划. 邹德慈, 等译. 北京: 中国建筑土业出版社, 1985

[12] Frank L D, Pivo. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: Single-occupant vehicle,

transit and walking. Transportation Research Record, 1994

- [13] Curtis Can strategic planning contribute to a reduction in car-based travel. Transport Policy, 1996, (3): 55~ 65
- [14] Heart Bennet, Jennifer Biringer. The smart growth-climate change connection. Conservation Law Foundation, November 1, 2000

Spatio-temporal evolvement of intersection traffic volume of mono-centric expanding city: A case study of Changchun

YANG Qing-shan, ZHANG Peng, ZHANG Jia, WANG Yan, XIAO Chao-wei

(College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: The paper studies the characteristics and regularity in spatio-temporal evolvement of intersection traffic volume of a typical mono-centric expanding city, based on the analysis of the data of 60 intersections in the years of 1980, 1985, 2000 and 2007 of Changchun city. The main conclusions are drawn as follows: (1) the spatial distribution and evolution of population flow and vehicle flow in the main intersections show a typical mono-centric circular expansion and axial agglomeration, namely center radial of circle-type characteristics, indicating that the traffic volume and road utilization rate of the central city are higher, while those of edge area is relatively low; (2) there are differences between the spatio-temporal evolvement of population flow and vehicle flow in the main intersections. Population flow shows a smaller and slower growth rate, with great and little change of variation coefficients in the past years, which is characterized by central agglomeration. To the contrary, the vehicle flow exhibits a larger and faster growth rate, and the coefficient of variation is smaller than that of population flow and has great changes. The traffic pattern shows the obvious point-axis centralized characteristics along the main roads based on central agglomeration; (3) Although population flow and vehicle flow in the main road intersections had great changes from 1980 to 2007, the spatio-temporal pattern of the traffic volume did not witness a fundamental change, which indicates that the spatial structure of mono-centric expanding city exerted a great influence on the spatial distribution of traffic volume.

Key words: mono-centric expanding city; intersection traffic volume; spatio-temporal evolvement; Changchun