

广州市职住平衡测度及关联性实证研究

宋程, 金安, 马小毅, 陈先龙, 李彩霞
(广州市交通规划研究院, 广东 广州 510030)

摘要: 职住空间分布是城市规划研究的热点问题之一。基于手机信令和互联网位置数据, 提出城市职住及其对应关系的计算方法, 并以广州市为例测度职住平衡各指标。以64个交通中区数据验证职住空间分布与居民出行呈现明显关联性, 得出以下结果: 动态职住平衡率越高, 交通流动性越低, 有利于交通拥堵治理; 动态职住平衡率与静态职住比呈现倒“U”型关联, 合理的静态职住比应为0.55~0.60; 就业密度对出行强度影响远大于人口密度。最后, 提出组团平衡、新规划区合理职住配比、就业疏散等规划理念, 指导城市新区的规划建设工作。

关键词: 城市规划; 职住平衡; 大数据; 出行强度; 交通流动性; 广州市

Evaluation on Job-Housing Balance and Coordination in Guangzhou

Song Cheng, Jin An, Ma Xiaoyi, Chen Xianlong, Li Caixia

(Guangzhou Transport Planning Research Institute, Guangzhou Guangdong 510030, China)

Abstract: The job-housing spatial distribution is a popular topic among studies on urban planning. Based on cellular signaling data and location data, this paper puts forward a methodology to discuss job-housing spatial distribution, and taking Guangzhou as an example to evaluate the indicators of the job-housing balance. By analyzing the collected data of 64 traffic zones in Guangzhou, the paper concludes that the job-housing spatial distribution is significantly related to residents travel. The results show that the higher job-housing balance, the lower the traffic mobility, which is important for traffic congestion improvement. It implies an “inverted U” pattern for the relationship of dynamic and static job-housing balance ratio, and the reasonable static job-housing ratio should be located between 0.55 and 0.60. Employment density has a greater impact on travel intensity than population density. Finally, the paper proposes planning principles such as group travel balance, job-housing coordination, and employment decentralization to improve planning and construction in the new planning area.

Keywords: urban planning; job-housing balance; big data; travel intensity; traffic mobility; Guangzhou

收稿日期: 2019-06-15

基金项目: 广州市“岭南英杰工程”后备人才(马小毅)培养计划科研课题项目“新时代大城市交通与土地利用(生产、生活、生态空间)协同模型重构与仿真系统研究”

作者简介: 宋程(1983—), 男, 湖北秭归人, 硕士, 高级工程师, 信息模型所副总工程师, 主要研究方向: 交通建模与仿真。E-mail: 510659684@qq.com

0 引言

就业和居住是城市最重要的基础功能。就业地和居住地作为城市空间要素的重要组成部分, 是城市居民日常出行活动的重要起讫点。2017年广州市新一轮交通综合调查结果显示, 全日约40%以上出行是以职住地为起讫点的通勤出行, 早高峰时段该比例高达67%, 表明职住空间分布与居民出行高度相关^[1]。职住平衡是职住空间研究的热门话题, 文献[2]对职住平衡的研究和观点进行了

回顾和综述, 从职住平衡的测度开始, 回顾其形成和发展过程及政策转向, 梳理了学者对就业—居住平衡政策有效性和实现途径的不同观点, 总结出其对中国城市空间结构研究和城市规划的启示。目前, 国内外对于职住平衡的研究存在两种学术观点, 一部分实证研究肯定了职住平衡对缩短通勤的积极作用^[3-5], 另一部分实证研究却认为职住平衡对通勤时耗影响不大, 或者质疑实现职住平衡的可行性^[6-7]。

总的来说, 受制于职住空间关联数据的

获取性，中国城市职住平衡研究较为薄弱，职住平衡与交通关联性研究较为欠缺。基于大数据发展背景，具有较高可信度的职住及其对应关系矩阵获取性增强，为职住分布与交通关联性的相互影响研究提供了支撑。本文基于手机信令和互联网位置数据，识别广州市职住地分布及其对应关系矩阵，分析了职住分布与交通关联性，以及动态职住平衡率和静态职住比的关系，促进职住分布规律在规划领域的应用。

1 职住相关指标测度

1.1 基于大数据的职住获取方法

传统职住数据的获取有两种途径，一是

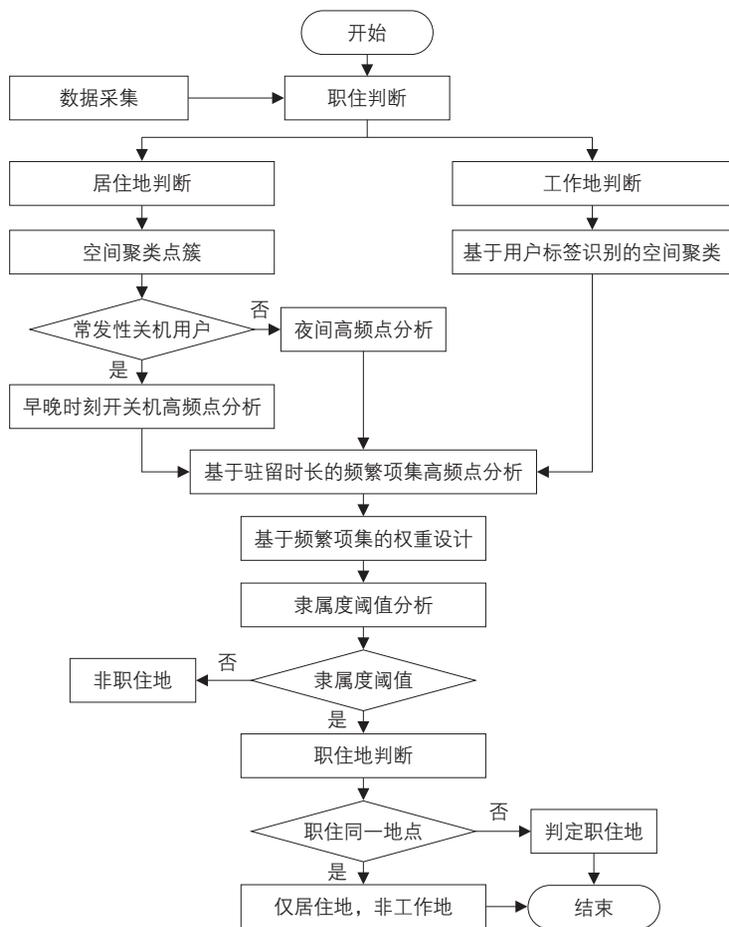


图1 职住地判别流程

Fig.1 Identification of working and living location

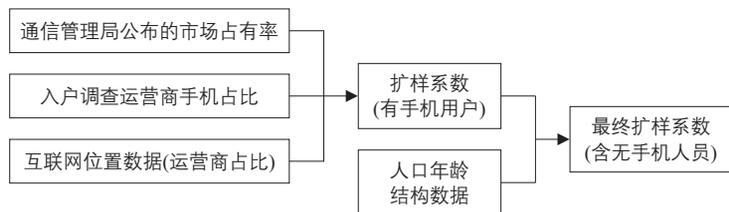


图2 基于单一手机信令源的职住识别扩样流程

Fig.2 Sampling expansion based on cellular signaling data

问卷调查，二是统计或普查数据，均不可避免地存在数据缺陷。问卷调查虽然能获取职住对应关系，但调查成本大决定了其低抽样率，数据的代表性相对较差；统计或普查虽然能获取大样本量数据，但主要为家庭端或就业端数据，不能反映个体的职住对应关系。大数据技术为获取大样本职住对应关系提供了有效途径，从而能从个体层面了解城市居民职住空间分布和对应关系。手机信令和互联网位置数据为最重要的大数据，与统计和传统调查数据综合利用可获取较为完整的职住分布及对应关系。一般而言，可采用长周期手机信令数据通过特定算法获取职住分布特征(见图1)，确定单一手机信令源(中国移动、中国联通或中国电信)的职住数量及分布；然后利用互联网位置数据获取不同区域的手机信令市场份额进行扩样；最后结合人口年龄结构(一定时期内不会发生明显变化)校核无手机人员数量，得到城市最终的职住分布及对应关系矩阵(见图2)。

1.2 相关概念界定

人口密度和就业岗位密度是职住特征最基本指标，体现了指定区域人口和就业岗位的聚集程度。人口密度和就业岗位密度越高，区域发展成熟度也越高，其出行强度也相对越大。计算公式为

$$pd_i = \frac{pop_i}{area_i}, \quad (1)$$

$$ed_i = \frac{emp_i}{area_i}, \quad (2)$$

$$ptr_i = \frac{trip_i}{area_i}, \quad (3)$$

式中： pd_i 、 ed_i 分别为区域*i*的人口密度/(人·km²)、就业岗位密度/(个·km²)， pop_i 、 emp_i 分别为区域*i*的人口数量/人、就业岗位数量/个； $area_i$ 为区域*i*的面积/km²； ptr_i 为区域*i*的出行强度/(人次·km²)； $trip_i$ 为区域*i*的出行总量/人次。

人口密度和就业岗位密度是两个相对独立的指标，不能体现居住和就业的对应关系。职住平衡作为城市职住空间结构研究的核心概念体现了职住对应关系。职住平衡包括数量和质量的平衡^[8]。数量平衡一般用静态职住比表征，即某一区域内就业岗位与居住人口的比值；质量平衡即动态职住平衡率，体现了一定区域内就业与居住的自给自足程度，即某一给定的地域范围内，本地居住并在本地就业的人员与该地区就业人员的

比值。计算公式为

$$pe_i = \frac{emp_i}{pop_i}, \quad (4)$$

$$\rho_i = \frac{pop_i - emp_i}{\sum_{j=1}^n emp_{ij}}, \quad (5)$$

式中： pe_i 为区域*i*的静态职住比； ρ_i 为区域*i*的动态职住平衡率； pop_emp_i 为在区域*i*居住并在区域*i*就业的人员数量/人； emp_{ij} 为从区域*i*到区域*j*的就业人员数量/人。

部分学者认为，动态职住平衡率的提高能降低通勤出行距离和时间，提高非机动化出行比例，进而减少交通拥堵和空气污染^[9-10]。然而，城市规划只能在土地利用上贯彻这一理念，而居住和就业地的分配是在市场中进行的，市场既无法保证居住在当地的居民就可以得到当地的就业岗位，也无法保证在当地工作就可以购买当地的住房。因此，即使规划从用地角度做到了平衡，市场分配的最后结果也可能是一部分居民实现了就地平衡，而另一部分实现不了^[11]。因此，职住不平衡在交通上体现为交通流动性，不平衡率越高，某区域的对外出行比例就越大，交通流动性也就越强。计算公式为

$$v_i = \frac{\left\{ \sum_{j=1}^n trip_{ij}, j \neq i \right\}}{\sum_{j=1}^n trip_{ij}}, \quad (6)$$

式中： v_i 为区域*i*的交通流动性； $trip_{ij}$ 为

从区域*i*到区域*j*的出行量/人次。

1.3 广州市职住相关指标测度

职住指标可划分为宏观、中观和微观三个层次^[12]。宏观层面指较大的行政单元，如县、市或交通大区，在这个层面上平衡率一般较高，微观层面指社区(居委会)、邻里或交通小区，该层面动态职住平衡率一般较低。宏观层面由于区域范围大，高动态职住平衡率并不能表征通勤距离较近；微观层面低动态职住平衡率也不能说明其对外通勤距离就较远。因此，本文集中于中观层面上的研究，即将广州市划分为64个交通中区，从中区层面测度职住指标。

基于上述计算方法，利用手机信令和互联网位置数据(如腾讯位置数据)按公式(1)(2)(4)(5)计算广州市各交通中区的人口密度、就业岗位密度、静态职住比、动态职住平衡率，结果如图3~6所示。利用广州市2017年新一轮全市综合交通调查数据，按公式(3)(6)计算各区域的出行强度和交通流动性，结果如图7~8所示。

2 数据分析

2.1 职住分布与交通关联性分析

基于大数据识别结果，广州市近50%的人职住距离在5 km以内，5~10 km占

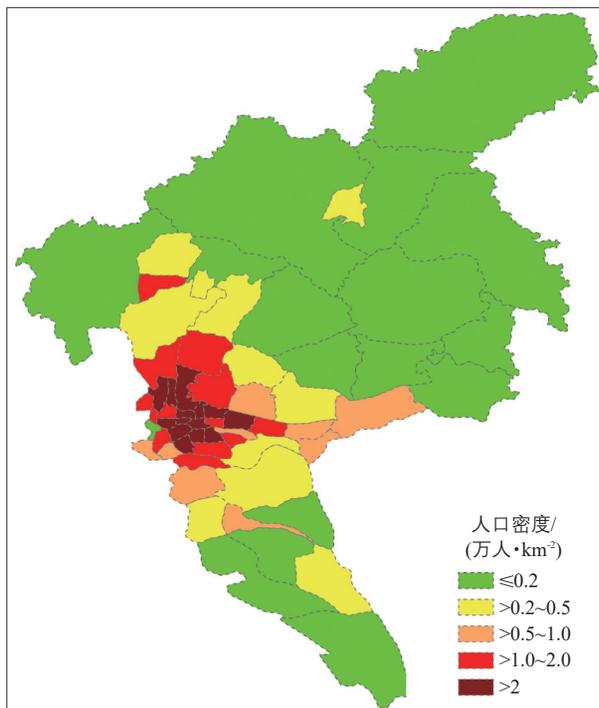


图3 人口密度分布

Fig.3 Population density distribution

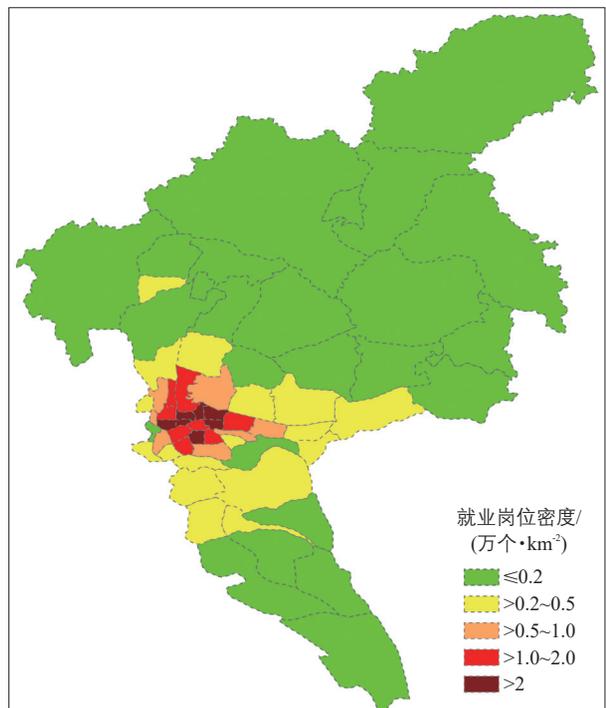


图4 就业岗位密度分布

Fig.4 Employment density distribution

21.9%，超过 10 km 的人员比例迅速衰减，其中 10~15 km 占 12.4%，15~20 km 占 6.3%，20~25 km 占 3.5%(见图 9)。将该数据与交通综合调查中获取的出行距离分布数据进行对比，二者在分布形态上总体一致， $R^2=0.91$ ，

呈现较强的关联性。在实际出行中，2 km 以内出行中存在较多的老年人和儿童群体的出行，如果扣除这些数据，二者的相关性更强， $R^2=0.99$ (职住距离分布不含老人和儿童，而出行数据包含老人和儿童出行)，表

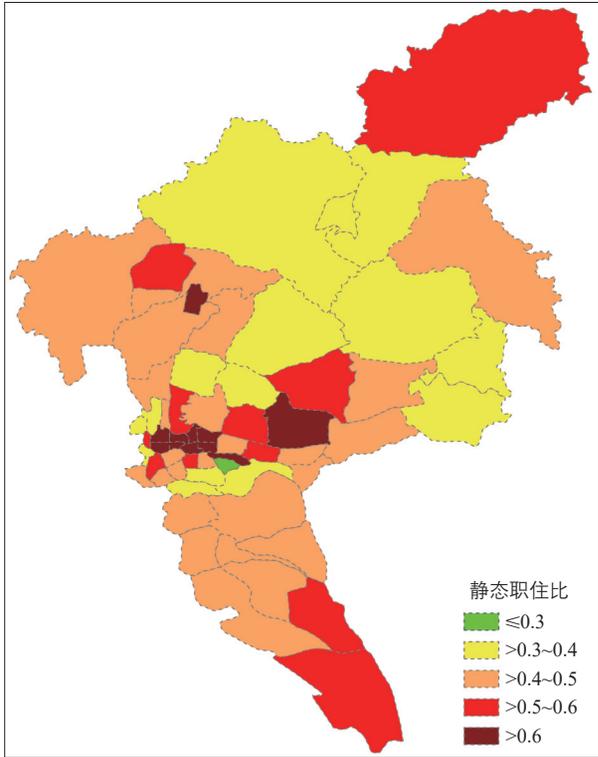


图5 静态职住比分布
Fig.5 Distribution of static job-housing ratio

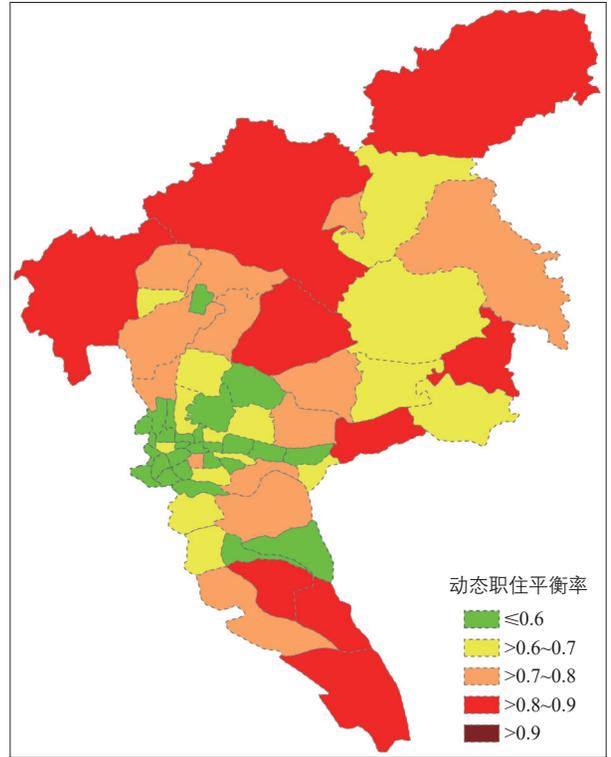


图6 动态职住平衡率分布
Fig.6 Distribution of dynamic job-housing balance ratio

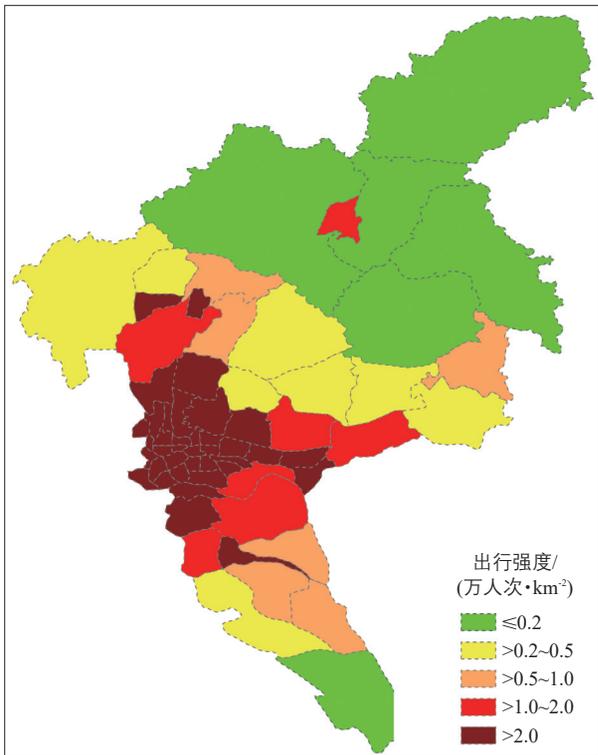


图7 出行强度分布
Fig.7 Travel intensity distribution

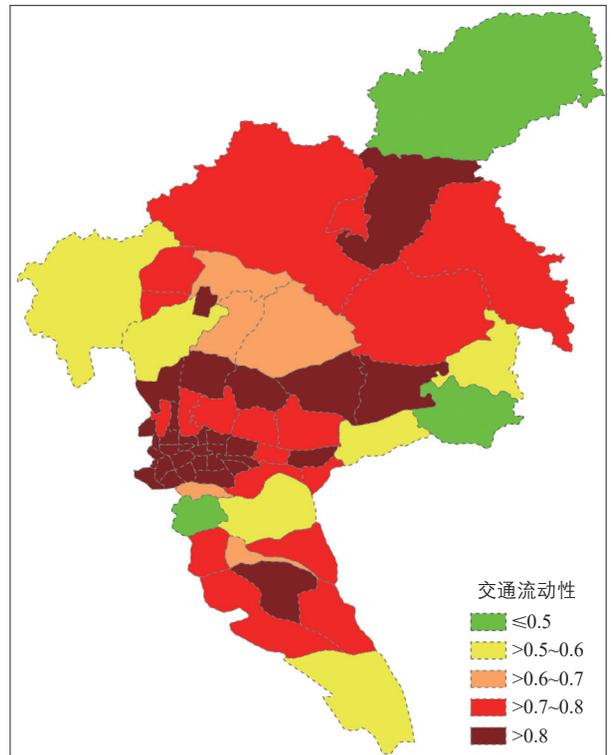


图8 交通流动性(对外出行比例)分布
Fig.8 Traffic mobility (external travel ratio)

明居民职住分布对全市出行距离的影响较为明显,相关性显著(见表1)。

将圈层的职住空间分布与居民出行的圈层空间分布数据进行对比,二者在分布形态上也表现出一致性,二者分布数据的 $R^2=0.94$,进一步说明了职住分布不仅是出行距离的主要影响因素,也是出行空间分布的关键因素(见图10)。

2.2 动态职住平衡率与交通流动性的关系

既然职住分布与居民出行关联性显著,那么动态职住平衡率与交通流动性(表现为某一区域对外出行)是否呈现一定关联,高动态职住平衡率是否能带来相对较低的交通流动性,进而降低出行距离,从根源上缓解交通拥堵。对广州市64个交通中区的交通流动性与动态职住平衡率进行回归发现,二者之间表现出一定相关性($v_i = -0.617 * p - e_i + 1.161$), $R^2=0.4$,随着动态职住平衡率的增大,交通流动性降低(见图11)。进一步按区间统计,获取不同动态职住平衡率区间的平均交通流动性,对动态职住平衡率和交通流动性均值的回归显示出二者的强相关性($\bar{v} = -0.6861 * \bar{\rho} + 1.2068$, 式中: $\bar{\rho}$ 为某区段动态职住平衡率的平均值; \bar{v} 为某区段动态职住平衡率对应的交通流动性均值), $R^2=0.95$ (见图12)。

2.3 动态职住平衡率与职住比的关系

动态职住平衡率与交通流动性具有明显关联性,提高动态职住平衡率可降低交通流动性,进而缓解交通拥堵。那么如何提升动态职住平衡率,动态职住平衡率与静态职住比是否具有关联性。研究同样基于广州市64个交通中区数据,静态职住比和动态职住平衡率散点并未显示出明显的相关性,但按照静态职住比的区段统计,其对应的动态职住平衡率均值体现了一定相关性,即静态职住比小于0.6时,动态职住平衡率呈上升态势,但当某一区域静态职住比大于0.6后,动态职住平衡率反而呈现下降态势(见图13)。

2.4 人口密度、就业岗位密度对出行强度的影响

数据回归分析发现,出行强度随着人口密度和就业岗位密度的增加而增大,呈现显著相关性。从回归公式来看($ptr_i = 1.312 * pd_i + 6.218 * ed_i, R^2 = 0.919$), 就业岗位密度影响系数远大于人口密度影响系数,表明就业岗位对地区出行影响更大。

明居民职住分布对全市出行距离的影响较为明显,相关性显著(见表1)。

3 结论

1) 动态职住平衡率的提高能降低交通

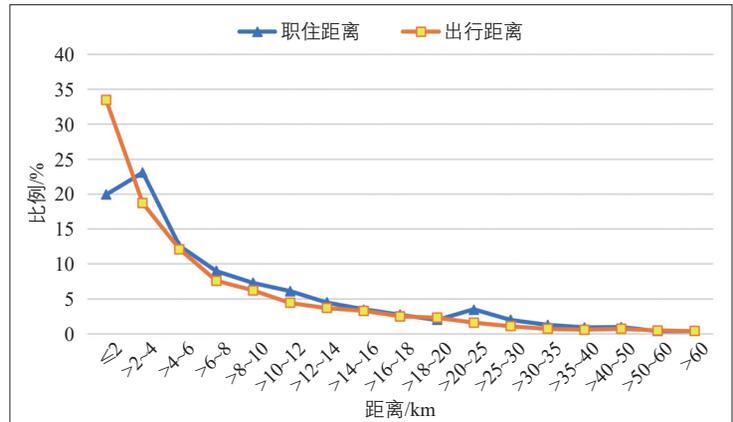


图9 职住距离分布与出行距离分布的相关性分析

Fig.9 Correlation between job-housing distance and travel distance distribution

表1 扣除2 km以内出行数据的职住距离分布与出行距离分布

Tab.1 Distribution of Job-housing distance and travel distance (≥ 2 km)

距离/km	职住距离分布/%	出行距离分布/%	距离/km	职住距离分布/%	出行距离分布/%
2~<4	28.8	28.2	18~<20	2.5	3.5
4~<6	15.8	18.2	20~<25	4.3	2.4
6~<8	11.3	11.5	25~<30	2.5	1.7
8~<10	9.1	9.3	30~<35	1.6	1.0
10~<12	7.7	6.7	35~<40	1.1	0.9
12~<14	5.6	5.6	40~<50	1.2	1.0
14~<16	4.3	4.9	50~<60	0.5	0.8
16~<18	3.3	3.7	≥ 60	0.5	0.6

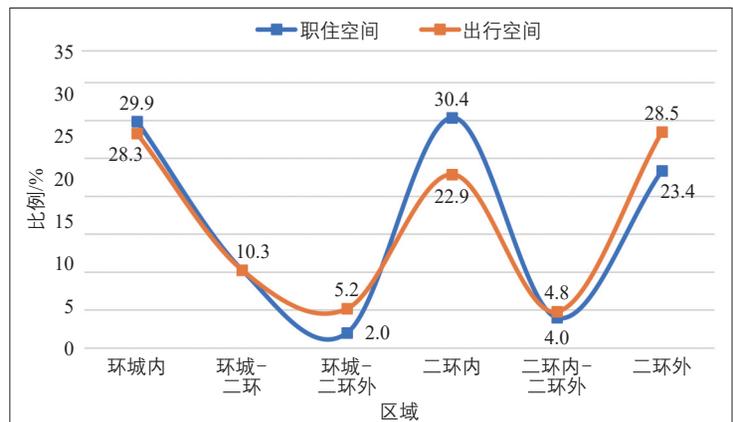


图10 职住空间分布与出行空间分布的相关性分析

Fig.10 Correlation between job-housing distribution and travel spatial distribution

流动性，但组团平衡不能明显改善通勤效益。

数据分析发现，职住分布与居民出行具有明显的相关性，动态职住平衡率与交通流动性相关性强，动态职住平衡率越大，交通流动性越低，对外出行比例随之降低，有

利于交通改善。

然而，现有职住平衡研究主要追求组团平衡，但组团的职住平衡并不能明显改善通勤效益。以广州市为例，在以轨道交通为支撑的组团发展模式下，轨道交通通勤出行距离达到 11.9 km，出行时耗为 50 min。按照轨道交通一般旅行车速 30~35 km·h⁻¹ 计算，理论出行时耗约为 20~25 min，约为实际时耗的一半。这表明轨道交通通勤客流两端接驳时间占全程时间的一半，组团平衡并未带来通勤时耗的缩短。进一步分析发现，轨道交通车站 800 m 半径覆盖的居住人口和就业岗位数量分别达到 534 万人和 324 万个，但居住和就业两端均在地铁站 800 m 半径范围内的仅 102 万人，表明现状轨道交通走廊的动态职住平衡率较低，轨道交通通勤出行超过 50% 的行程时间用于两端接驳，组团的平衡并未明显改善通勤效益。因此，需通过复合走廊强化走廊平衡，在同样维持 11.9 km 通勤距离下实现走廊平衡(假设两端接驳时间共 10 min)，通勤时耗将由 50 min 降至 30~35 min，从而明显改善职住通勤效率，提高居民幸福指数。

2) 静态职住比并非越高越好，高职位比并不能带来高动态职住平衡率。

分析结果显示，静态职住比与动态职住平衡率存在一定关联性。当静态职住比小于 0.6 时，随着职住比的增加，动态职住平衡率呈一定正相关关系；当静态职住比大于 0.6 时，动态职住平衡率反而降低。以广州市核心区为例，2005—2017 年静态职住比从 0.64 提升至 0.71，但其动态职住平衡率反而由 66% 降低为 49%。统计结果表明，合理的职住配比应为 0.55~0.60，故在新城和地区开发中，应严格控制居住与办公、商业商务用地配比，从规划层面实现更合理的引导。

3) 就业岗位对出行强度的影响大于居住人口，应以扩大外围就业来促进中心城区人口疏解。

长期以来，人口疏解是核心区交通拥堵治理的重要举措，但实际上人口疏解并非完全按照规划意图转移，存在服务配套、市场调节诸多因素制约，造成人口疏解目标难以实现。以广州市核心区为例，虽然实施了较为积极的人口疏解政策，但自 2005 年以来人口仍然增加 70 万人。另一方面，在推行人口向外围疏解的同时，核心区区内就业规模仍不断持续增长(相比 2005 年增加 63 万个)，

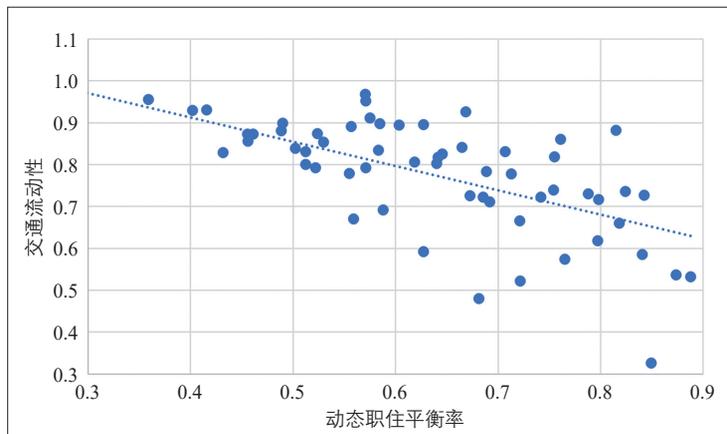


图 11 交通流动性与动态职住平衡率散点分布

Fig.11 Scatter plots of dynamic job-housing balance ratio and traffic mobility

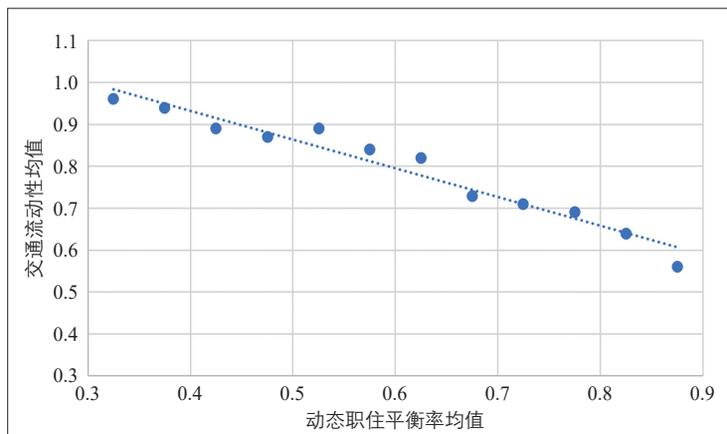


图 12 交通流动性与动态职住平衡率区段平均值回归示意

Fig.12 Regression analysis of the average value of traffic mobility and job-housing balance ratio

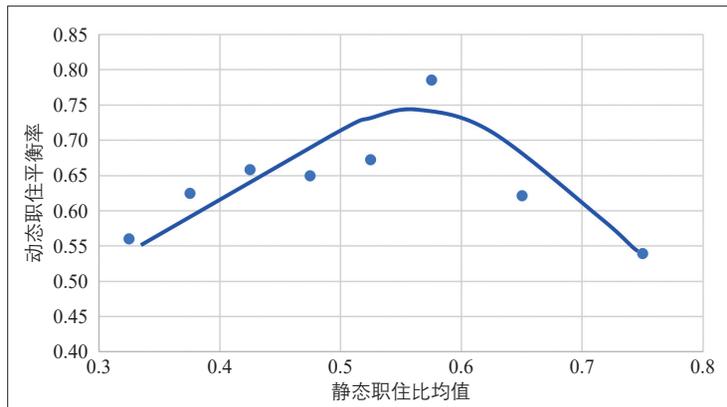


图 13 静态职住比与动态职住平衡率关系

Fig.13 Relationship between static job-housing ratio and dynamic job-housing balance ratio

就业岗位增长幅度大于人口增长幅度(分别增长28.7%和21.7%)。就业岗位的快速增长表明核心区的吸引力进一步加强,会进一步刺激外围居住人口的内聚式通勤,进而加剧进出城交通拥堵。人口和就业岗位密度与出行强度的回归分析结果表明,就业岗位密度对出行强度的影响远大于人口密度的影响,故应提倡在核心区周边优先配置办公和商业设施,采取引导措施促进优质就业岗位向核心区外围转移,以外围就业的提升促进人口向外围疏解,提升外围区的动态职住平衡率,改变内聚式通勤出行模式,从根源上治理进出城交通拥堵。

参考文献:

References:

- [1] 马小毅, 陈先龙, 宋程, 等. 广州市新一轮交通综合调查总报告[R]. 广州: 广州市交通规划研究院, 2017.
- [2] 孟晓晨, 吴静, 沈凡卜. 职住平衡的研究回顾及观点综述[J]. 城市发展研究, 2009, 16(6): 23-28+35.
Meng Xiaochen, Wu Jing, Shen Fanpu. The Study Review of Urban Jobs-Housing Balance [J]. Urban Studies, 2009, 16(6): 23-28+35.
- [3] Cervero R. Jobs Housing Balancing and Regional Mobility[J]. Journal of the American Planning Association, 1989, 55(2): 136-150.
- [4] Nowlan D M, Stewart G. Downtown Population Growth and Commuting Trips: Recent Experience in Toronto[J]. Journal of the American Planning Association, 1991, 2(57): 165-182.
- [5] 孙斌栋, 潘鑫, 宁越敏. 上海市就业与居住空间均衡对交通出行的影响分析[J]. 城市规划学刊, 2008(1): 77-82.
Sun Bindong, Pan Xin, Ning Yuemin. Analysis on Influence of Job-Housing Balance on Commute Travel in Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2008(1): 77-82.
- [6] Horner M. Spatial Dimensions of Urban Commuting: A Review of Major Issues and Their Implications for Future Geographic Research [J]. The Professional Geographer, 2004, 56(2): 160-173.
- [7] Giuliano G, Small K A. Is the Journey to Work Explained by Urban Spatial Structure? [J]. Urban Studies, 1993, 30(9): 1485-1500.
- [8] 史亮, 张鑫. 大城市职住关系的问与策: 交通出行视角下北京市职住关系分析[C]//中国城市规划学会. 城市时代, 协同规划: 2013中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 674-690.
- [9] Cervero R. Jobs-Housing Balance as Public Policy[J]. Urban Land, 1991, 50(10): 4-10.
- [10] Guliano G. Is Jobs Housing Balance a Transportation Issue?[J]. Transportation Research Record, 1991, 1305: 302-312.
- [11] Cervero R. The Jobs-Housing Balance and Regional Mobility[J]. Journal of the American Planning Association, 1989: 55(2): 136-150.
- [12] Peng Zhongren. The Jobs-Housing Balance and Urban Commuting[J]. Urban Studies, 1997, 34(8): 1215-1235.

(上接第7页)

- [6] 孔万锋. 杭州“城市数据大脑”: 交通治堵的探索和实践[J]. 公安学刊(浙江警察学院学报), 2018(1): 54-58.
- [7] 陆化普, 李瑞敏, 朱茵. 智能交通系统概论[M]. 2004, 北京: 中国铁道出版社.
- [8] Smith M C, Bauer J, Edelman M, et al. Transportation Systems Management and Operations in Smart Connected Communities[R]. Washington DC: Federal Highway Administration, 2018.
- [9] U.S. Department of Transportation. Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation[EB/OL]. 2019[2020-03-20]. <https://local.iteris.com/arc-it/index.html>.
- [10] Sochor J, Karlsson I C M, Strömberg H. Trying Out Mobility as a Service: Experiences from a Field Trial and Implications for Understanding Demand[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2016, 2542(1): 57-64.