

北京市职住分布与通勤交通特征

刘洋, 姚广铮, 蔡传慈, 崔凯俊

(南京市城市与交通规划设计研究院股份有限公司北京分公司, 北京 100073)

摘要: 通勤交通问题是困扰大城市发展的普遍难题, 城市通勤交通服务水平的提升是建设高质量交通体系、人民满意交通的关键点。通过手机信令数据进行职住地识别, 获取通勤OD数据, 分析北京市总体职住分布和通勤交通特征, 深入挖掘 45 min 通勤人口空间分布特征及其影响因素。聚焦重点地区, 对北京市大型居住组团、重点就业功能区以及新城地区职住分布和通勤交通特征进行分析, 剖析主要问题。在此基础上提出相关发展对策与建议: 1) 提高区域内用地混合度, 提升区域职住平衡水平; 2) 提高新城与中心城区轨道交通运行组织水平; 3) 持续推动新城产城融合发展, 推动新城基础设施完善优化和公共服务品质提升。

关键词: 交通规划; 职住分布特征; 通勤交通特征; 手机信令数据; 北京市

Job-Housing Spatial Distribution and the Commuting Characteristics in Beijing

LIU Yang, YAO Guangzheng, CAI Chuanci, CUI Kaijun

(Beijing Branch, Nanjing Institute of City & Transport Planning Co., Ltd., Beijing 100073, China)

Abstract: The commuting problem is a common challenge for all big cities in development. Improving the level of service of urban commuting travel is the key point to constructing a high-quality transportation system and improving people's satisfaction. Through obtaining the commuting OD data based on the mobile signaling data, this paper analyzes the overall job-housing distribution and commuting travel features in Beijing. The commuting spatial distribution within 45 minutes are discussed in-depth with corresponding influencing factors. Focusing on different functional areas in Beijing, the paper looks into job-housing distribution and commuting travel features to dissect the major problems. On this basis, several suggestions are proposed: 1) improve the mixing degree of land use in the region and improve the regional job-housing balance level; 2) improve the organization level of rail transit operation in new towns and central urban areas; 3) continuously improve city-industry integration in new towns as well as the public infrastructure and service quality.

Keywords: transportation planning; job-housing spatial distribution; commuting characteristics; cellular signaling data; Beijing

收稿日期: 2021-09-30

作者简介: 刘洋(1988—), 男, 河北保定人, 硕士, 高级工程师, 高级交通规划师, 主要研究方向: 城市交通规划与设计。E-mail: 835297216@qq.com

0 引言

通勤交通是城市生活的重要组成部分, 关系着居民幸福感, 影响着城市宜居性。通勤交通问题是大城市发展的重点问题^[1], 通勤交通服务水平的提升是建设高质量、高效率交通运行体系, 建设人民满意交通的关键点。2020年, 住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室、中国城市规划设计研究院、百度地图慧眼联合发布的《2020年全

国主要城市通勤监测报告》^[2], 对北京市城市总体通勤出行特征进行了评估。为了更有针对性地给城市治理和交通基础设施建设提供决策依据, 还需聚焦重点地区和核心指标做进一步深入、细致的研究。

居住地与工作地的空间关系是城市空间布局的重要依据^[3], 本文利用北京手机信令数据识别职住地, 获取通勤OD数据, 通过职住空间分布和通勤联系格局解析职住空间结构。北京市大型居住组团和重点就业功能

区是亟须改善通勤交通问题的重点地区，而新城是北京非首都功能疏解集中承载地，是北京构建多节点空间格局，真正实现非首都功能疏解的关键点。因此，本文进一步聚焦北京市大型居住组团、重点就业功能区以及新城地区职住和通勤特征，结合各区域自身特点剖析主要矛盾，提出相关发展建议，为城市治理和交通基础设施建设提供决策依据。

1 数据及处理方法

采用2019年北京联通用户手机信令数据识别居住地、就业地并获取相应的职住OD数据，手机用户量超过600万个。

出行OD算法的关键点在于计算居民某一时段出行的所有起点，也就是出行停留点。停留点可分为两种类型：1)停留点是居民出行轨迹中某一单个的点，如图1中的P1点，表示某一时段内居民在该点未产生位置移动；2)由居民出行轨迹中多个定位点形成的一个停留区域，停留点是该区域的几何中心点，如图1中的P2点，表示居民在该区域内的小范围移动，或由于定位误差产生类似的居民位置移动。

采用“时间—空间”双层聚类算法识别用户出行停留点。该算法分为两个阶段，首先采用DBSCAN算法进行空间聚类，然后基于第一阶段结果进行时间层聚类，精准识

别用户停留点，进而得到用户的出行OD。具体步骤如下：1)提取特定区域相关用户所有轨迹数据；2)遍历各用户的所有轨迹数据并作为数据输入；3)确定DBSCAN算法参数，包括停留点最小点数Pmin和停留点判别最小距离Rmin；4)运用DBSCAN模型计算并输出各用户的停留点；5)将停留点按时间序列进行排序，并计算各簇的停留时长；6)判定各簇的停留时长是否大于时间阈值；7)识别停留点，输出停留点集合，连接出行OD。

2 北京市总体职住分布和通勤交通特征

2.1 职住分布特征

北京市职住分布呈现中心就业多、外围居住多的圈层职住特征(见图2)。按照环路统计居住人口，五环路内、外居住人口比值为42:58^[4]，居住人口郊区化特征明显，呈圈

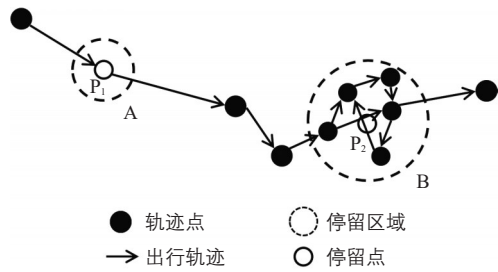


图1 出行轨迹中的停留点类型

Fig.1 Types of stop points in travel trajectory

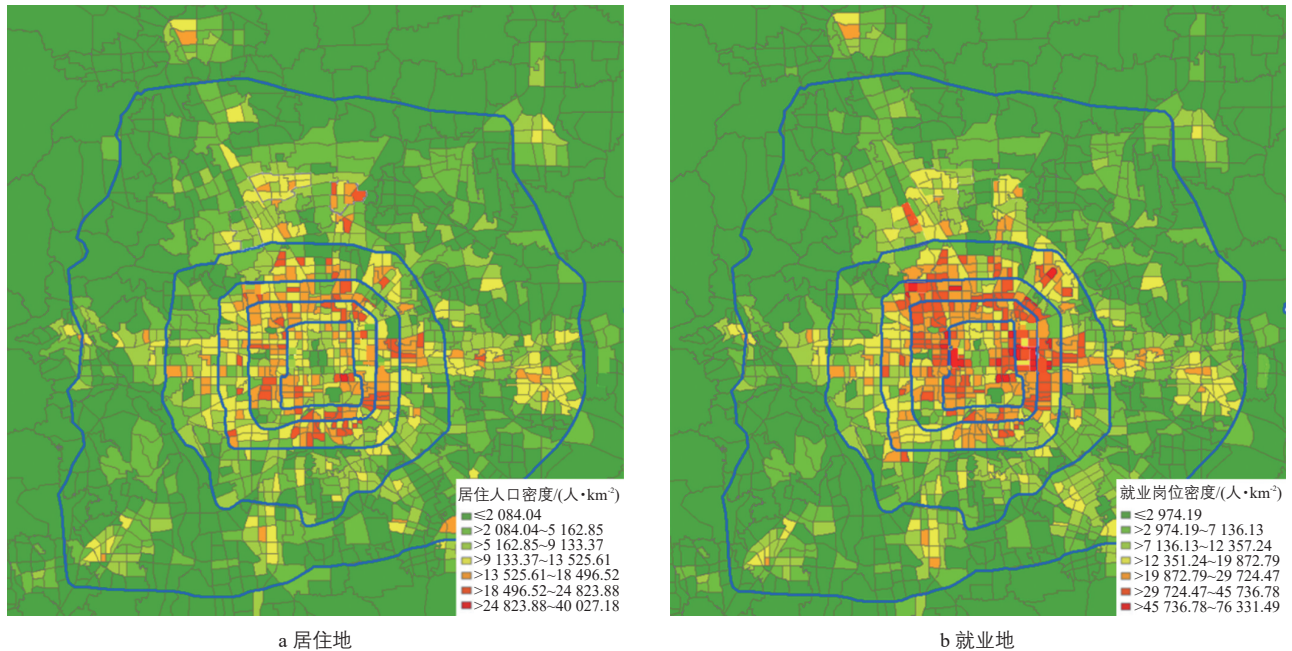


图2 北京市职住空间分布

Fig.2 Job-housing spatial distribution in Beijing

层向外拓展。五环路外人口分布不均，分布着大量的巨型居住片区，部分居住片区的人口密度甚至超过市中心，且人口沿地铁线路聚集的趋势明显。就业岗位则呈现中心集聚的态势，五环路内就业岗位占52%，且主要集聚于几个较大规模的就业功能区，呈现多中心格局，包括国贸CBD、中关村、金融

街、望京、丰台科技园等，在距故宫5~15 km圈层形成一个相对高密度的就业环。

2.2 通勤交通特征

居住地与就业地的职住分离导致高时耗、长距离通勤特征明显。《2020年全国主要城市通勤监测报告》显示，北京市单程平均通勤时耗为47 min，位列全国第一，远超样本城市的平均值(36 min)。其中通勤时耗大于60 min的极端通勤占26%，而平均值仅为13%。北京市平均通勤距离最长，达到11.1 km，是样本城市中唯一超过10 km的城市。北京市通勤距离小于5 km的用户仅占38%^[2]，在4个超大城市中排名最低。

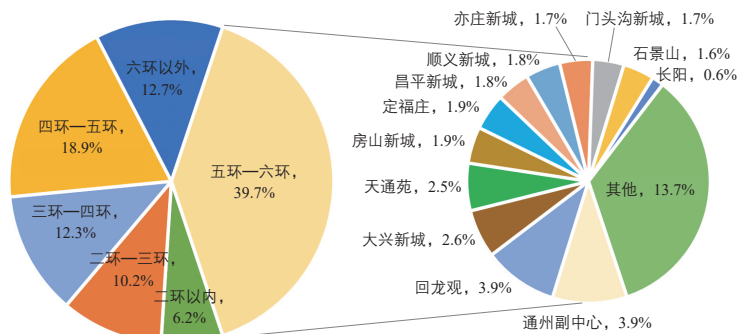


图3 通勤时耗大于45 min人口的圈层分布和具体区位
Fig.3 Distribution and location of the population who commutes more than 45 minutes within each ring road

2.3 45 min通勤人口空间分布特征

通勤时耗是通勤出行的直观感受，45 min以内通勤是城市运行效率和居民生活品质的衡量标准与发展目标。45 min以内通勤占比达到80%~90%已经成为全球各大城市的目标共识。

本文以1 km×1 km栅格为统计单元，通过将手机信令数据识别的居住地、就业地及相应的职住OD数据统计到栅格上，对北京市45 min通勤交通特征进行研究。分析发现，北京市通勤时耗大于45 min的通勤人口占总通勤人口的比例约为42%。从空间分布来看，五环路内占47.6%，呈连绵状分布；五环路至六环路间占39.7%(见图3)，在副中心、新城及大型居住组团的分布较为集中，呈现点状集聚分布特征(见图4)。

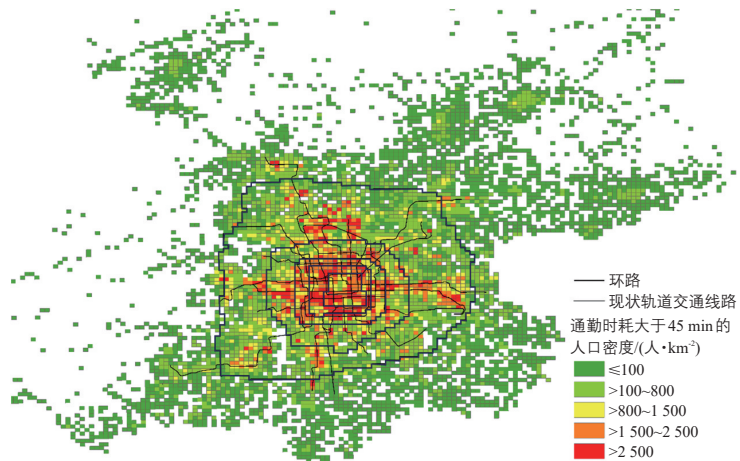


图4 北京市通勤时耗大于45 min人口的空间分布
Fig.4 The spatial distribution of the population whose commuting time is larger than 45 minutes in Beijing

影响北京市通勤时耗大于45 min的通勤人口空间分布的因素主要包括4个方面：

1) 人口分布。人口基数越大的区域，大于45 min的通勤人口规模越大。受房价、就业机会、家庭、教育等因素影响，出行者未必能够在最小出行距离内居住、就业、就医等，即使居住在市中心仍存在一定规模的大于45 min的通勤人口。大于45 min的通勤人口占栅格人口比例集中在5%~20%，在人口密度较高的市中心区域占比约为6.5%。相比中心城区，外围地区这一指标更低，但由于人口基数大，长时耗通勤人口数量更多。通过对大于45 min通勤人口数与栅格内总人口数进行相关性分析(见图5)，可以看出二者具有强相关性，拟合优度约为0.87。

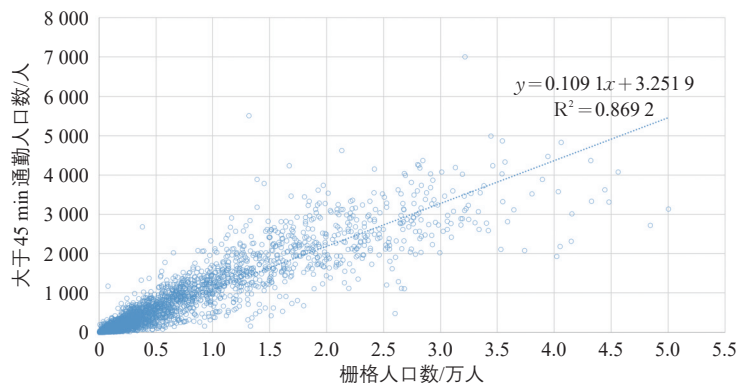


图5 大于45 min通勤人口与栅格人口相关关系
Fig.5 Correlation between population traveling more than 45 minutes and grid population

2) 区位条件。外围长时耗通勤人口比例高于中心城区。通过研究不同环路通勤人

口的出行距离和大于45 min通勤人口占总通勤人口比例的关系,发现五环路内大于45 min通勤人口占五环路内通勤总人口比例相比五环路外低;五环路外相比五环路内通勤人口的长距离出行比例高(见图6)。因此,越往外出行距离越长,随着出行距离的增加,大于45 min通勤人口占栅格通勤总人口的比例也逐渐增大(见图7)。

3) 交通条件。近郊新城的轨道交通车站对出行距离的分布有显著影响。轨道交通车站周边区域的长距离出行比例明显高于其他区域。由于轨道交通出行时间可靠,近郊新城轨道交通车站周边集聚了更多在中心城区或其他轨道交通可到达地区工作的通勤人口,从而在郊区轨道交通条件好的地区形成大型居住区的蔓延,增加了大于45 min的通勤人口。

4) 土地使用。用地混合度高的地区相对用地单一的地区短距离出行比例更大,因此平均时耗也更短。例如,复兴门地区用地复合度较高,出行距离在5 km以内的通勤人口占总通勤人口的比例为40%;角门地区以大型居住社区为主,辅以少量商业设施、金融和工业用地,出行距离在5 km以内的通勤人口占总通勤人口的比例仅为25%。郊区轨道交通车站周边地区多数以单一大型居住用地为主,用地混合度低,周边聚集的大量居住人口主要在市中心工作,其长距离、高时耗通勤人口比例较高。

3 大型居住区和重点就业功能区的职住分布和通勤交通特征

3.1 职住分布特征

大型居住区居住人口就业地和就业功能区就业人口居住地职住分离明显。北京市重点就业功能区(国贸CBD、金融街、中关村)对就业人口的吸引范围^[9]较广,就业人口居住地呈现较为明显的沿轨道交通车站周边集聚特征(见图8)。而大型居住区由于周边就业岗位不足导致职住分离,居住人口就业地呈现在轨道交通沿线一定范围内的就业功能区集聚特征(见图9)。城市轨道交通作为实现通勤便捷可达的关键,对城市空间格局演变起到了重要的支撑作用。

3.2 通勤交通特征

重点就业功能区和五环路外大型居住区

的高时耗、长距离通勤问题严重。国贸CBD、中关村和金融街3个就业功能区就业人口平均通勤距离分别为8.88 km, 8.62 km, 7.17 km, 承受60 min以上极端通勤比例分别为42%, 19%, 16.7%;回龙观、天通苑2个居住组团居住人口平均通勤距离分别为9.34 km, 9.87 km, 承受60 min以上极端通勤比例分别为22.2%, 24.5%。重点功能区对就业人口的吸引范围大,出行距离长,相应的高时耗通勤人口集中;而五环路外大型居住区由于周边就业岗位不足导致职住分离,相应的高时耗通勤人口也较多。

4 副中心新城的职住分布和通勤交通特征

4.1 职住分布特征

副中心和新城职住比^[6]为0.3, 低于全市

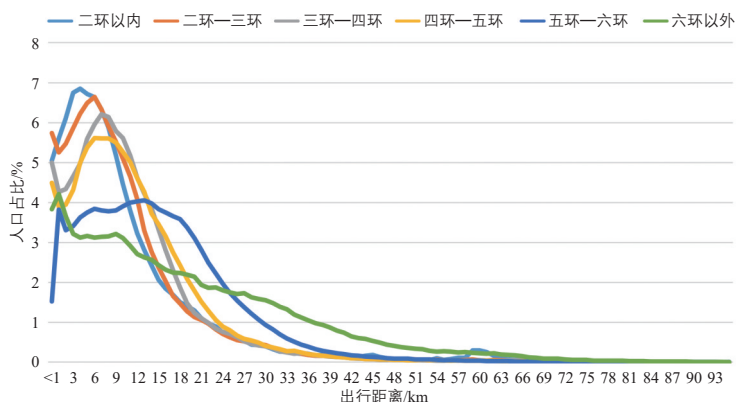


图6 各环路圈层不同出行距离人口占比

Fig.6 Proportion of different travel distances within each ring road

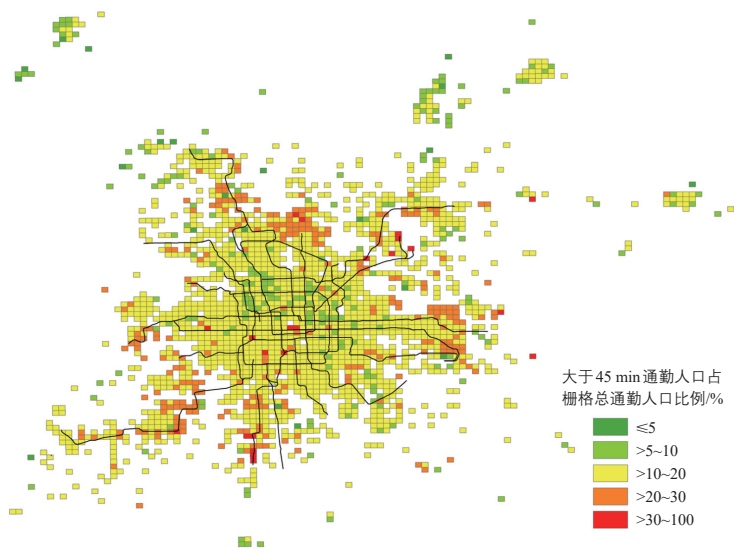


图7 大于45 min通勤人口占栅格总通勤人口比例空间分布

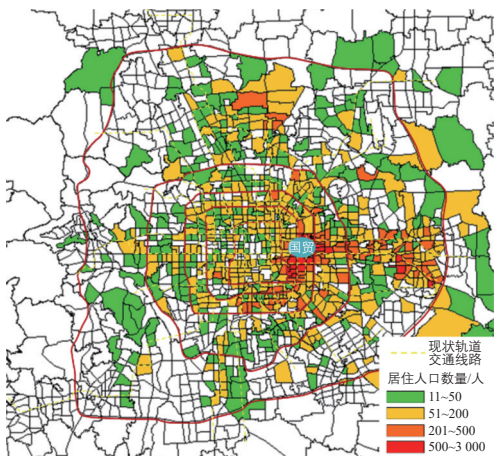
Fig.7 Spatial layout of the proportion of the population who commutes more than 45 minutes to the grid commuting population

平均水平(0.54)。亦庄新城的职住比最接近全市平均水平,其次为顺义新城,其他区域都是0.25左右。

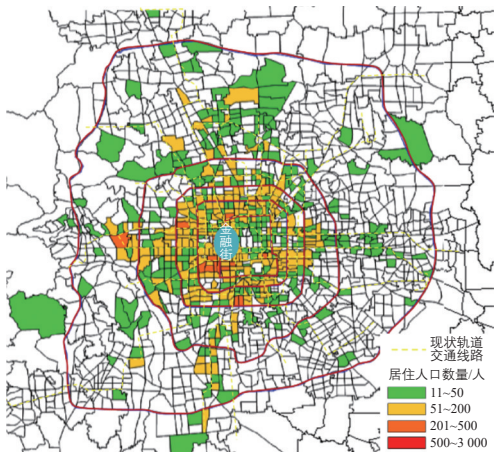
副中心和新城的居住人口工作地和就业人口居住地以分布在新城内和周边地区为主,但与中心城区已具有一定联系规模。居

住人口工作地在中心城区的比例平均为12.6%。其中亦庄新城、大兴新城居民前往中心城区工作的比例较大,分别为21.8%和17.5%,其次为通州副中心、房山新城和门头沟新城,顺义新城和昌平新城占比较低(见图10)。就业人口居住地在中心城区的比例约为17%,其中亦庄新城的就业人口在中心城区居住占比最大,为39.7%,大兴新城次之,其他区域就业人口在中心城区居住比例较小(见图11)。

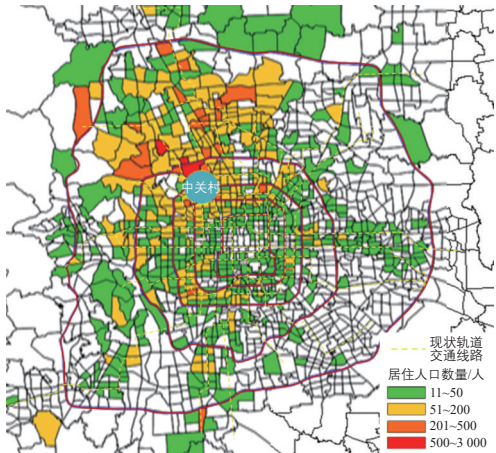
副中心和新城与中心城区总的交互通勤方向系数(新城居住至中心城区就业人口与中心城区居住至新城就业人口之比)为2.5,除亦庄新城交互通勤方向系数为1.1之外,其他新城均为2以上(见图12)。可见,新城和中心城区交互通勤主要以新城居住至中心城区工作为主,具体表现为新城居住人口与中心城区邻近主要就业功能区的通勤联系,



a 国贸CBD

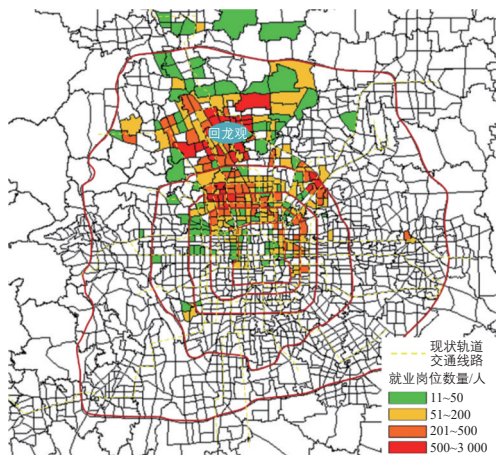


b 金融街

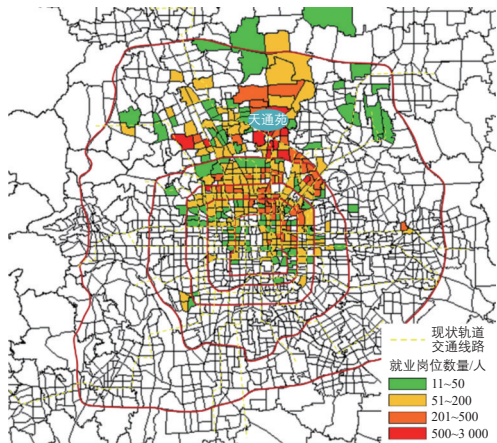


c 中关村

图8 重点就业功能区的就业人口居住地分布
Fig.8 Residence distribution of employees in the major employment areas



a 回龙观



b 天通苑

图9 大型居住组团的居住人口就业地分布
Fig.9 Workplace distribution of residents in the large residential areas

形成几条主要的通勤走廊；房山新城、大兴新城—丰台科技园、丽泽方向；通州副中心、亦庄新城—国贸CBD方向；昌平新城—中关村方向；顺义新城—望京CBD方向。通勤范围内就业岗位的交通可达性成为新城居民选择就业地的主要影响要素。

4.2 通勤交通特征

副中心和新城与中心城区之间高时耗、长距离通勤特征显著。副中心及新城平均通勤距离为10~12 km，其中与中心城区之间通勤距离较长，为17~23 km，区内平均通勤距离在5 km以内(见图13)。副中心及新城与中心城区之间的通勤时耗约为50 min，新城内部平均出行时耗约为20 min。从45 min以内通勤来看，新城内部小于45 min通勤占比为90%以上，但跨区出行小于45 min通勤占比仅为60%左右。

城市轨道交通线路的运行效率是影响副中心和新城与中心城区通勤出行时耗的重要因素。北京市各新城至中心城区重点功能区的轨道交通平均运行速度为30~35 km·h⁻¹，出行距离为20~30 km。而东京郊区、卫星城进入主城的大部分轨道交通平均运行速度能达到50 km·h⁻¹，部分超过60 km·h⁻¹，出行距离平均为30~40 km(见图14)。因此，应通过增加轨道交通功能层次、优化线网布局和运营组织等方式提升轨道交通运行效率，改善通勤交通高时耗的现状。

首末端接驳是出行的重要组成部分。与国际上典型就业功能区相比，北京市重点就业功能区轨道交通车站接驳效率偏低。以金融街为例，虽然城市轨道交通已配置3线5站，但是到轨道交通车站的平均距离为750 m，步行时间约为10 min；东京新宿CBD与金融街具有同样的用地规模，其轨道交通配置9线7站，到轨道交通车站的平均距离为500 m，步行时间约为6 min；伦敦金融城用地面积同样与金融街相当，其轨道交通配置13线12站，到轨道交通车站的平均距离为355 m，步行时间约为4 min。因此，城市轨道交通在改善中心城区和新城通勤交通方面仍有较大提升空间。

5 结语

北京市居住人口郊区化特征明显，就业

中心已呈现出多中心格局，且北重南轻，居住地与就业地的职住分离趋势明显。因此，未来应注重产业功能布局，优化用地布局，逐步提高区域内用地混合度^[7]，提升区域职住平衡水平。

副中心和新城是北京非首都功能疏解的重要承载地，在当前各新城发展阶段及今后一段时期内，新城与中心城区交通联系需求

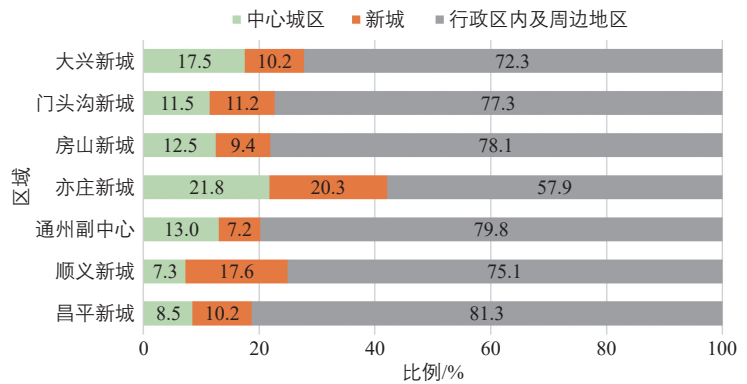


图10 副中心和新城居住人口工作地分布

Fig.10 Workplace distribution of residents in the municipal administrative center/new towns

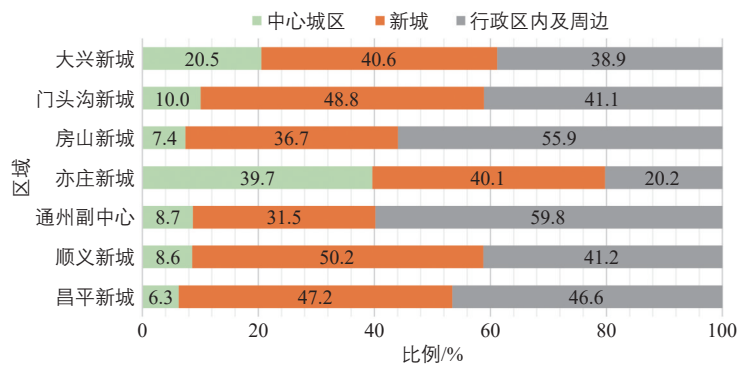


图11 副中心和新城就业人口居住地分布

Fig.11 Residence distribution of employees in the municipal administrative center/new towns

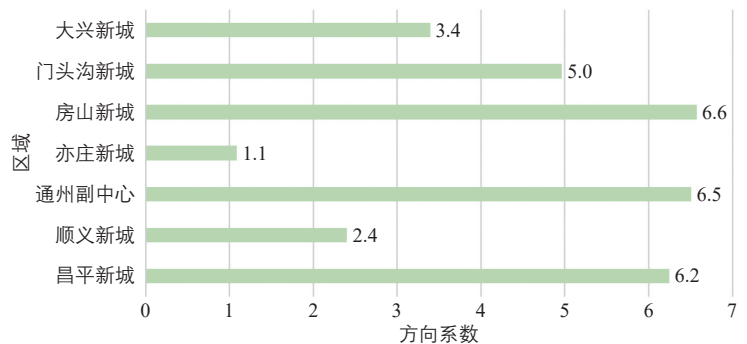


图12 副中心和新城与中心城区交互通勤方向系数

Fig.12 Commuting direction factors between the central city and the municipal administrative center/new towns

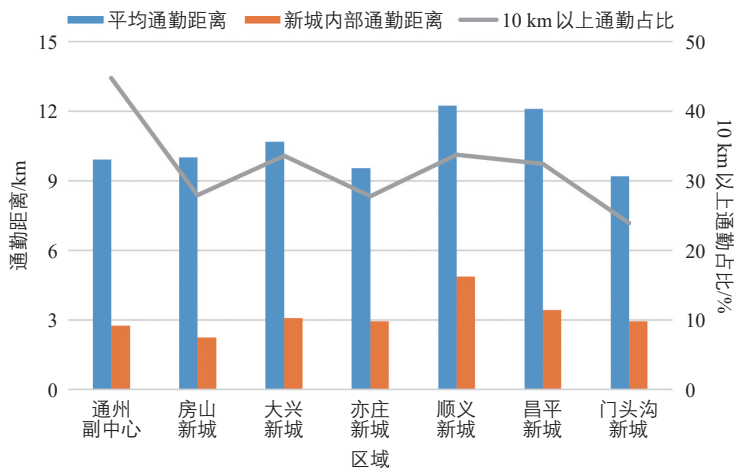


图 13 副中心和新城平均通勤距离以及 10 km 以上通勤占比
Fig.13 Average commuting distance and proportion of trips more than 10 km in the municipal administrative center/new towns

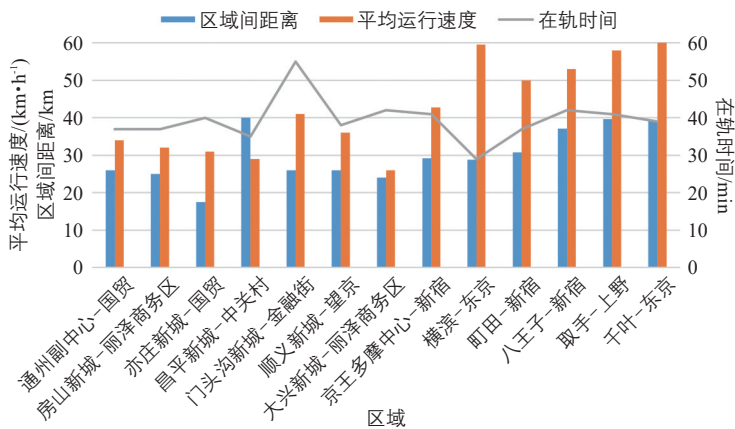


图 14 北京与东京新城至中心城区重点功能区轨道交通运行情况对比
Fig.14 Comparison of rail transit operation indicators from new towns to the major functional areas in the central city between Beijing and Tokyo

将持续增长。轨道交通是新城与中心城区联系最高效、可靠的交通方式，建议加强轨道交通通道建设和换乘便利性，通过市域快线与城市轨道交通直通运营、跨站运营等方式，强化中心城区与新城之间的轨道交通快捷联系。同时可在重点就业功能区加密车站和出入口设置，提升非机动车接驳便捷性，从而提升中心城区出行首末端接驳效率。

新城产城融合发展、基础设施完善优化和公共服务品质提升有助于改善职住不平衡和通勤交通问题。通过良好的营商环境、人才引进政策提供更多的就业机会，通过提供优质的商业配套设施、教育资源、医疗资源等提升居住环境，提升新城“反磁力”，实现“人随产业走、人随功能走”，打造宜居宜业的新城，真正实现非首都功能疏解。

参考文献：

References:

[1] 申犁帆, 张纯, 李赫, 等. 大城市通勤方式与职住失衡的相互关系[J]. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1277-1290.
SHEN L F, ZHANG C, LI H, et al. Interaction between commuting modes and job-housing imbalance in metropolis: an empirical study by Bayesian-tobit analysis in Beijing[J]. Progress in geography, 2018, 37(9): 1277-1290.

[2] 住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室, 中国城市规划设计研究院, 百度地图慧眼. 2020年全国主要城市通勤监测报告[R]. 北京: 中国城市规划设计研究院, 2020.

[3] 张天然. 基于手机信令数据的上海市域职住空间分析[J]. 城市交通, 2016, 14(1): 15-23.
ZHANG T R. Job-housing spatial distribution analysis in Shanghai metropolitan area based on cellular signaling data[J]. Urban transport of China, 2016, 14(1): 15-23.

[4] 北京交通发展研究院. 2020北京市交通发展年度报告[R]. 北京: 北京交通发展研究院, 2020.
Beijing Transport Institute (BTI). 2020 Beijing transport development annual report[R]. Beijing: BTI, 2020.

[5] 许园园, 塔娜, 李响. 基于地铁刷卡数据的城市通勤与就业中心吸引范围研究[J]. 人文地理, 2017, 32(3): 93-101.
XU Y Y, TANA, LI X. Analysis of commuting behavior and employment center using subway smart card data[J]. Human geography, 2017, 32(3): 93-101.

[6] 许素梅. 职住平衡影响因素分析[J]. 河南科技, 2018(16): 120-121.
XU S M. The analysis of influencing factors on job-housing balance[J]. Journal of Henan science and technology, 2018(16): 120-121.

[7] 田金玲, 王德, 谢栋灿, 等. 上海市典型就业区的通勤特征分析与模式总结: 张江、金桥和陆家嘴的案例比较[J]. 地理研究, 2017, 36(1): 134-148.
TIAN J L, WANG D, XIE D C, et al. Identifying the commuting features and patterns of typical employment areas in Shanghai using cellphone signaling data: a case study in Zhangjiang, Jinqiao and Lujiazui[J]. Geographical research, 2017, 36(1): 134-148.