

Beijing City Lab

Zheng S, Xu Y, Wu J, Yu D, Xu J, Zhang X, Zhang B, 2014, Jobs-housing balance: Measurement, patterns, and social Costs——A case study in Beijing. Beijing City Lab. Working paper #53.



职住平衡：度量、规律与社会成本

以北京市为例的实证研究

清华大学恒隆房地产研究中心

2014年11月



清华大学
Tsinghua University

项目负责人：	郑思齐	清华大学恒隆房地产研究中心 教授，主任 清华大学建设管理系 副主任，博导
项目技术团队：	徐杨菲	清华大学恒隆房地产研究中心
	(技术负责人)	博士研究生
	吴璟	清华大学恒隆房地产研究中心 副教授 清华大学建设管理系 博导
	于都	清华大学恒隆房地产研究中心 硕士研究生
	许俊彦	清华大学恒隆房地产研究中心 本科生
	张晓楠	清华大学恒隆房地产研究中心 本科生
	张博	清华大学恒隆房地产研究中心 主任助理

本项目得到了下述专家学者的宝贵建议，特此致谢：清华大学公共管理学院院长薛澜教授、城市中国计划（麦肯锡）研究总监张耕田先生、北京市城市规划设计研究院杜立群、龙瀛、张晓东、张宇。

简介

目前，中国主要城市正在进入一个整体性交通拥堵的时期。这不单纯是交通系统本身的问题，其本源是土地利用格局所带来的巨大交通需求与交通供给不足之间存在矛盾。就业和居住的空间分离（也称“职住分离”）就是其中的典型原因，它带来了偏高的交通需求和交通成本，在交通设施供给不充分和城市管理效率偏低的情况下，就会造成交通拥堵。2006年北京的平均单程通勤时间是43分钟¹，随后5年中又增加了约10分钟²。这一单程通勤时间远大于美国（费城最长，为38.3分钟）和欧洲（英国最长，为22.5分钟）的主要大城市。2014年北京市PM2.5污染源调查显示，机动车为本地污染排放的主要来源，贡献达到31.1%³。

在此背景之下，城市规划学者提出了“职住平衡”（jobs-housing balance）的思路，即认为居住与就业应当尽量靠近，在土地利用上体现为产业用地和居住用地的混合。从而实现减少交通拥堵、鼓励公共交通、降低能耗和环境污染的目的。这种理念也影响了许多政策制定者和社会公众。然而，尽管“职住平衡”的理念在城市规划界非常流行，但在现实中推行土地混合利用（特别是在较小尺度上的混合利用）的努力往往得不到好的效果，“职住分离”的趋势反而愈加明显。实际上，职住分离有其内在合理性。产业集聚能够带来经济效率，因此“职住分离”的空间格局有利于企业更加有效地集中，享受集聚经济优势。这正是原先计划经济时代职住合一的“单位大院”逐步瓦解的重要原因。更进一步，“职住平衡”在真正实施时还存在一个关键的问题——“职住平衡”真的是指某个空间范围内，就业机会与住房机会的数量相等（即“职住比”为1）吗？在城市中的不同位置是否会有区别？实际上，城市空间结构存在明显的不均匀特征，人口和产业的规模及结构在空间上都具有不同的分布形式，因此“职住比”在不同区位间也必然呈现出差异性，不应在所有的位置上都追求“绝对”意义上的数量平衡，或者说是相同的“职住比”。正因为如此，目前城市规划界亟需具有理论支撑并有可操作性的“职住平衡”测度方法，并把握其在空间分布上的规律性，以指导其在具体规划业务中的居住用地和产业用地的面积配比、各类用地开发强度设定等各项工作。

本报告致力于回答以下三个递进的问题：如何度量“职住分离”？城市职住空间关系形成的内在规律是什么？它会造成怎样的社会成本？我们将以北京市为例，对城市职住平衡的现状进行定量测算，从居民、产业、交通等角度分析城市职住关系在空间上的差异性；并定量测算北京市目前职住分离和优质公共资源过度集中所带来的社会成本，包括拥堵成本和由此引发的环境成本。

北京市职住关系的定量测度

“职住平衡”的含义并不仅在于就业岗位和居民人数的平衡，更在于两者之间的匹配。我们的研究团队充分考虑就业和居住之间的空间关系，从名义和实际两个维度对北京市职住平

1 根据零点咨询 2006 年研究报告。

2 根据国家统计局 2010 年大样本调查。

3 根据北京环保局 2014 年研究报告

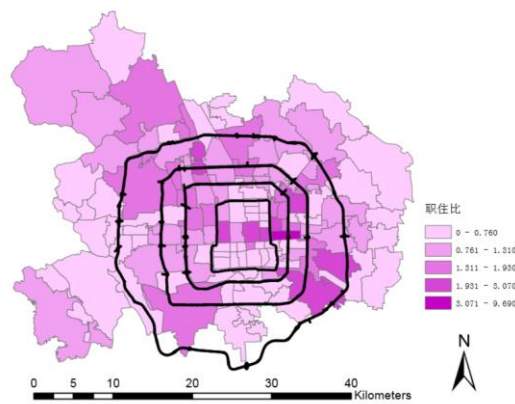
衡的现状进行测算。具体而言，我们利用北京市人口普查和经济普查数据对北京市各个街道的居民人数和就业岗位总数进行统计，测算各个街道的职住平衡名义指数；同时，利用北京市第四次交通综合调查所得的数据对居民就业-居住的联合选择结果进行统计，分析“职住”之间的实质匹配关系，测算各个街道的职住平衡实际指数。

平均而言，北京市城八区各街道名义职住平衡指数（“职住比”）为 0.68，经劳动参与率调整后为 1.02，这意味着北京市城八区范围内为就业人口提供的居住机会和就业机会总数基本平衡。

研究成果速递 1

北京市城八区各街道职住比

*紫色越深代表职住比越高



然而，这样的名义“平衡”并不代表个体的居住地与就业地在空间上临近。为了解决名义职住平衡指数的这个缺陷，我们构造了反映居住和就业实质性匹配的“就业者平衡指数”（就业者在本街道居住的比例）和“居住者平衡指数”（居住者在本街道就业的比例）（见成果速递 2）。利用北京市第四次交通综合调查的数据，我们发现，真正实现了职住平衡——即任意一个实质平衡指数超过 80%——的街道仅有 5 个。而在城八区范围内，只有 16.03% 的居民实现了本街道就业，以及 26.61% 的就业者实现了本街道居住。一个典型的代表是，建外街道所有就业者中，仅有 4.62% 能在该街道居住，这与我们对 CBD 的直观印象是一致的；而如天通苑和回龙观，仅有不到 20% 的居民就近就业，80% 以上居民的就业地集中在五环以内，这也正是一个“卧城”的形象⁴。

成果速递 2

北京市城八区“实际”职住平衡指数

居住者平衡指数

*绿色越深代表居住者本地就业率越高

就业者平衡指数

*蓝色越深代表就业者本地居住率越高

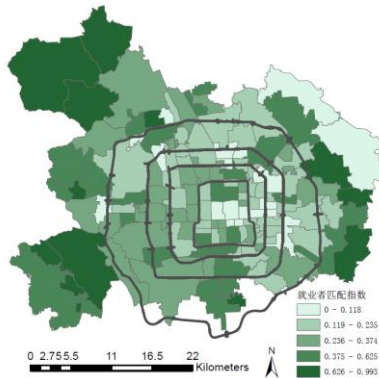
⁴ 天通苑和回龙观位于昌平区，并不在本报告的研究范围之内

成果速递 2

北京市城八区“实际”职住平衡指数

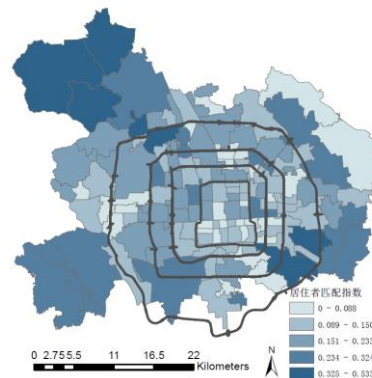
居住者平衡指数

*绿色越深代表居住者本地就业率越高



就业者平衡指数

*蓝色越深代表就业者本地居住率越高



北京市职住关系的空间差异分析

如前所述，职住关系在城市内部存在很大的空间差异。我们利用计量经济模型来分析这种差异性及其背后的原因。就“就业者平衡指数”而言，我们发现，第一，高技能劳动力（及相应行业）会对应较低的就业者平衡指数，这是因为与之匹配的就业机会越稀疏（thin job market），需要就业者在较大的空间范围内进行搜寻以寻找到合适的工作机会。实际上，街道就业者的平均受教育程度这一个变量在我们的方程中的解释能力就达到近 40%。第二，如果该区块有较为完善的交通基础设施（我们用该街道地铁站可达性来度量），能够有效的降低通勤成本，那么就业者平衡指数有可能会被进一步拉低。更进一步，中国特有的一些制度因素和转型经济特点也会影响该指数的空间差异性。一个典型的例子就是原先单位制下的“大院”模式，人们在单位内部或附近居住，职住平衡的程度非常高。目前这种“大院”模式正在逐步瓦解，但历史路径依赖性仍然存在。我们发现，如果一个区块里的国有企业和事业单位比重较高，那么“就业者平衡指数”也会比较高。

就“居住者平衡指数”而言，我们发现，与上一指数相似，高技能劳动力的居住和就业位置会距离较远，该指数较低；国有企事业单位占的比重越高，该指数则会越高。地铁会降低该指数，使得人们可以在离家较远的地方工作。同时，对于该指数空间差异性的分析更需注重除了劳动力人力资本水平外的其他家庭特征。如果一个家庭人口较多，那么在选择居住地时就需要去权衡家庭内多个就业者的工作地，这会拉长每个就业者的职住空间距离。家庭责任越重的就业者，会选择在较近的位置工作，这会抬高该指数。我们的实证研究的确发现，街道的地铁可达性、居民的平均家庭规模也在 5% 的置信水平下与居住者平衡指数负相关，如果街道内女性和家里有学龄儿童的就业者比重较高，则会显著提高居住者平衡指数。

北京市职住失衡的社会成本测算

职住分离存在其必然性，同时我们的研究表明各个区位的分离程度也会存在较大差异。

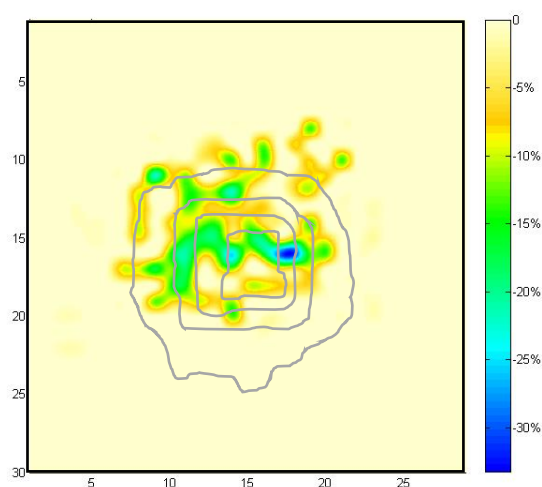
这就会带来许多社会成本，直观地看，那些充当就业中心的区块有大量就业者在其他地区居住，反之，充当卧城的区块也不得不面对大量的外向型通勤。这样，必然造成重要道路节点在上下班高峰严重的交通拥堵，通勤者必须忍耐长距离和长时间的通勤。同时，低速行驶的大量机动车也会带来更多的尾气污染。我们的研究定量地度量了这些社会成本。

我们的研究团队将百度地图的实时路况数字化，测算了各个街道的拥堵指数。我们的实证模型发现，职住失衡和优势公共资源（重点小学和三甲医院）在空间上的过度集中都会加剧交通拥堵。基于这个定量模型，我们对职住平衡和公共资源空间均等化的优化效果进行了模拟测算：如果我们将公共服务设施在空间上均等化，且将那些职住分离程度较高的街道调整到一个相对合理的职住结构，则北京市城八区交通拥堵指数能够降低 6.02%，同时变化最大的街道，其交通拥堵指数能够降低 27.6%。这一改变将会使得市区内 PM2.5 浓度下降 4.8%（约为 8-9 微克/m³）。进一步的，上述交通拥堵的缓解每天能够为上下班的通勤者节约共计 83.74 万小时，这将是很大的社会收益。

研究成果速递 3

优化城市空间结构后的交通拥堵缓解量

(颜色越深表示拥堵缓解量越大)



城市职住平衡指数的构造

指数构造的基本思路

“职住平衡”的测算看似简单，只需要统计每个空间分析单元内居住和就业的人数即可，但真正实施起来存在两个关键问题：首先，两者是否平衡对在什么样的尺度下进行度量非常敏感。比如是在一个小区，还是在更大的片区？显然在越小的尺度上，越难达到平衡。这意味着，谈到职住平衡，必须首先界定空间尺度的大小。第二，“职住平衡”真的是指某个空间范围内，就业机会与住房机会的数量相等（或两者之比为1）吗？这一空间范围内的居民很有可能到其他区位就业，反之亦然，而这显然与劳动力市场供求与住房市场供求状况有关，且涉及到微观个体的居住-就业联合选址。正因为如此，我们的报告首先基于以上两个问题明确我们的“职住平衡指数”构造思路和方法。

空间分析单元的选择本报告以北京市城八区⁵的129个街道作为研究对象。北京市常用的空间分析单元包括TAZ（交通分析单元）、街道和区县，这三者平均的空间范围大小分别为1.52km²，10.6km²和171.0km²。由此可见，TAZ过小的空间尺度导致这一范围内的居民难以实现职住平衡，而区县的空间范围又太大，犹如对于一个城市谈“职住平衡”并无意义，因为这几乎是显而易见的事实，而街道的尺寸则最为合适。

数量平衡与实际平衡两套指标体系

目前国际上常用的职住关系度量指标可以大体分为数量平衡和实际平衡两类。前者是直接度量在某个空间范围内居住与就业在数量上的平衡程度，而不关注两者是否真正匹配。例如，某个区块的“就业-居住比”仅计算该区块内就业岗位与居住人口的比值，而不考虑这些居住人口是否的确在此就业。后者则会着重度量两者的匹配程度，例如“本区块内居住人口在本区块就业的比重”。可以认为，前者是从“名义”上，而后者是从“实际”上来度量居住与就业的平衡程度。本报告也沿用这两套指标体系来对北京市的职住关系进行定量测算。

首先，关于“名义”职住平衡的度量指标，最常用的就是“职住比”，即“就业-居住比”（jobs-housing ratio），其数值等于就业岗位数量与家庭数量的比值（或者是就业岗位数量与人口数量的比值）。本报告同样采用职住比作为“名义”职住平衡指标。

而关于“实际”职住平衡指数，我们进一步将其分为两个子指数，分别反映居住者的就业选择和就业者的居住选择，即“居住者平衡指数”（在本区块居住的居民中有多少比例在本区块就业）和“就业者平衡指数”（本区块的就业者中有多少比例在本区块居住），并进行后续的研究。

⁵ 即东城区（原东城区和崇文区）、西城区（原西城区和宣武区）、海淀区、朝阳区、丰台区和石景山区。

数据与方法技术

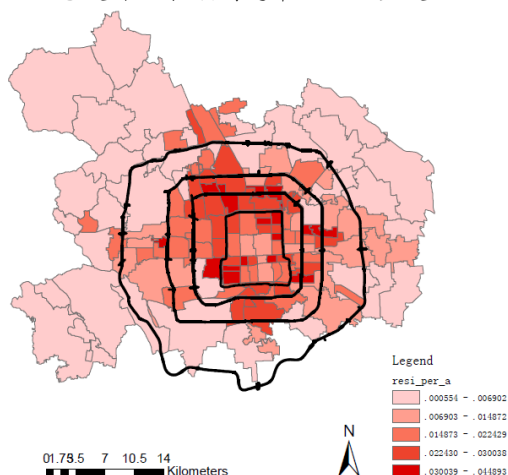
为了更为全面系统的反映北京城市空间中人口和就业的分布情况,本研究采用普查数据,从第六次人口普查数据(2010年)获得北京市居民的空间分布情况,从第二次经济普查数据(2008年)获得就业的空间分布。尽管这两次普查的年份没有完全统一,但相隔时间较短,考虑到居住选址和产业选址的变动比较缓慢,用这两套普查数据计算职住平衡的相关指标是较好的选择。计算得到的居住和就业密度如图1所示。值得注意的是,本研究在计算职住平衡的相关指标时,均对人口数量进行了折减处理。具体而言,根据北京市2010年人口普查数据,总就业数占总人口数的比重是67%。研究中我们用这一比例进行折算,将总人口转化为就业人口。这样从北京整体看,职住比应近似为1,在各个区块上则有较大的差异性。

图1

北京市城八区各街道常住人口与就业岗位分布

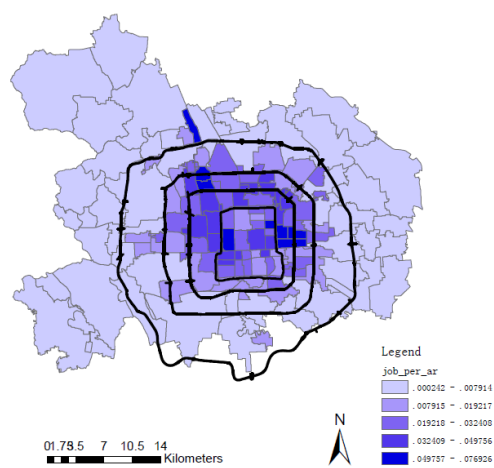
常住人口分布情况

*红色越深代表该街道常住人口数越大



就业岗位分布情况

*蓝色越深代表该街道就业岗位总数越多



数据来源:北京市第六次人口普查(2010年)和第二次经济普查(2008年)

由于“实际”职住平衡指数的计算要求获得居民居住与就业的匹配信息。而上述两套普查数据中,我们仅知道人们住在哪里,但并不知道他们在哪里工作,反之亦然。因此,我们采用2010年北京市交通委员会组织的北京市第四次交通综合调查数据来解决这个问题。该调查在北京市全市范围内随机抽样(我们获得的样本包含了约89000个居民个体),记录了每一个就业者的受教育程度、就职行业等个人信息,及其家庭人口、年龄、是否有小孩等家庭信息,同时对其居住地、就业地以及上下班通勤时间和交通方式进行了准确地记录。这样将两者匹配起来,就能够计算更为实质性的职住平衡指数。我们从以上三套数据中汇总了各个街道内的人口特征和就业特征,并结合之前的研究积累将各街道的区位特征(这里主要指街道的轨道交通便捷性)进行了量化测算。

名义平衡指数

在本研究中，名义职住平衡指数即为职住比。我们利用北京市第六次人口普查和第二次经济普查的数据，以街道为分析单元，统计各街道的居民总数和就业岗位数。利用下式计算职住比（jobs-housing ratio, JHR）：

$$JHR_i = \frac{J_i}{H_i}$$

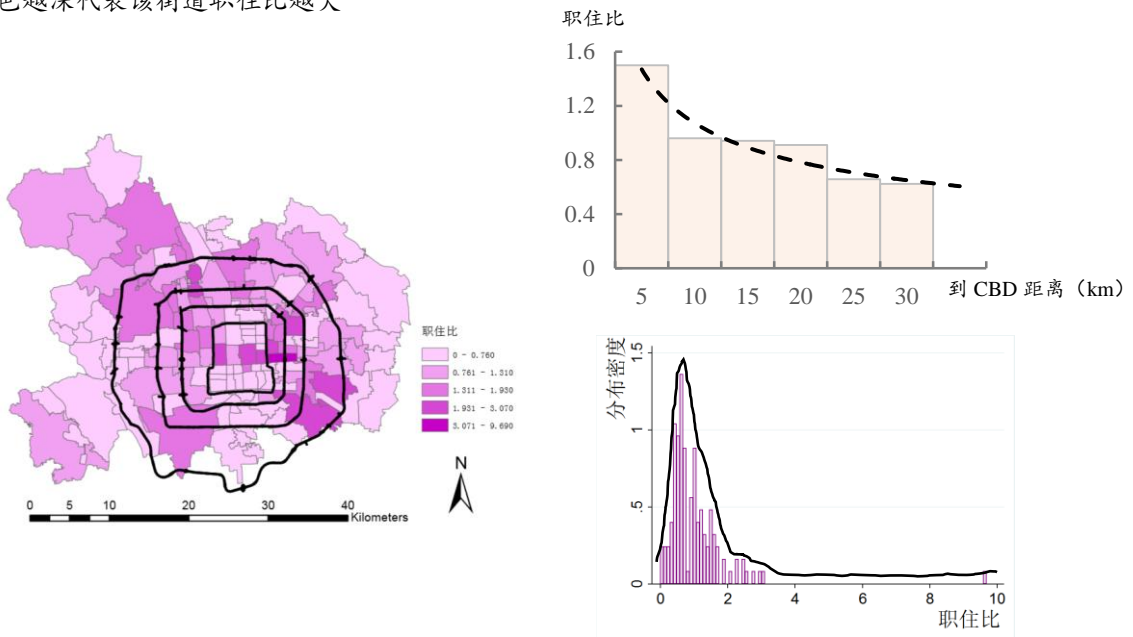
其中， JHR_i 为街道 i 的职住比， J_i 为街道 i 的就业岗位数， H_i 为街道 i 的居民总数（已经过折减处理）。

计算得到的北京市各街道职住比空间分布如图 2 所示。职住比的平均值为 1.02，标准差为 0.99，中位数 0.74。其中，职住比最高的建外街道则达到 9.69，可见街道之间存在较大的差别。在国贸、金融街、中关村等经济活动较为活跃的区块上，职住比明显偏高。可以看到随着到 CBD 距离的增加，职住比呈现下降趋势。职住比最高（前 10%）的 12 个街道中，3 个位于二环内（分别为建国门、东华门和金融街街道），4 个位于朝阳区 CBD 区域（分别为左家庄、麦子店、朝外、建外街道），2 个位于海淀区中关村区域（分别为中关村、清华园街道）。另外几个职住比较高的街道分别是朝阳区的王四营、十八里店街道（北京欢乐谷）以及亚运村街道（临近奥体中心）。

图 2

北京市职住比空间分布情况

*紫色越深代表该街道职住比越大



实际平衡指数

我们采用下面的公式来计算职住平衡指数中的两个子指数——“居住者平衡指数 ($JHBR_{H,i}$)”和“就业者平衡指数 ($JHBR_{J,i}$)”如下列两式：

$$JHBR_{H,i} = \frac{MATCH_i}{H_i} \quad JHBR_{J,i} = \frac{MATCH_i}{J_i}$$

其中， $JHBR_{H,i}$ 为街道 i 的居住者平衡指数， $MATCH_i$ 为同时在该街道就业和居住的人数， H_i 则表示在 i 街道居住的总人数（不论其在哪个街道就业）；同理， $JHBR_{J,i}$ 为街道 i 的就业者平衡指数， J_i 为在 i 街道就业的总人数（不论其在哪个街道居住）。

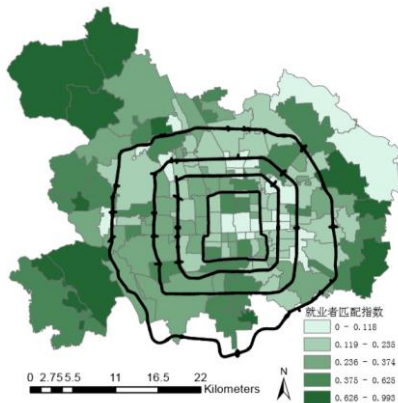
计算结果显示，“就业者平衡指数”的均值为 31%，即平均有 31% 的就业者选择在本街道居住；“居住者平衡指数”的均值为 17%，即平均有 17% 的居住者选择在本街道就业。这两个子指数的空间分布见图 3。

图 3

北京市职住平衡指数两个子指数及其空间分布

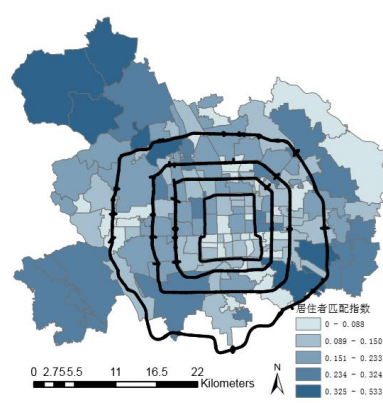
就业者平衡指数

*绿色越深代表该值越大



居住者平衡指数

*蓝色越深代表该值越大



可以看出，外城就业者更倾向于选择在本街道居住。该子指数最高的 18 个街道（最高的 15%）全部位于均位于中心城区外围的边缘地带，其中 15 个都位于 5 环以外。对于居住者平衡指数而言，在经济活动活跃的城市就业中心，以及相对外围的街道，居住者都更倾向于选择在本街道就业。该子指数最高的 25 个街道（最高的 20%）中，有 12 个街道位于中心城区外围的边缘地带，8 个街道位于经济活动活跃的就业中心或次中心。

将图 2 和图 3 相比可以看出，名义上的职住比与实质上的两个职住平衡指数，在空间分布上存在着明显的差异。这意味着，单纯追求某一空间范围内的就业岗位与住房在数量上的平衡，并不能实现真正意义上的职住平衡。需要深入分析两个指数平衡指数在空间上的分布规律，把握其内在机制，才能为以职住平衡为目标的空间规划、土地和住房供给等政策提供科学支撑。

城市职住空间关系的形成规律

城市职住关系的经济学机制

上文对北京市的职住平衡现状进行了定量分析,用名义平衡和实际平衡两套指标分别加以测算,发现各街道之间存在巨大的差别。那么,我们是否应该要求所有的街道都朝同一个“职住平衡理想值”努力呢?这就涉及到城市职住空间关系形成背后的经济学机制。我们认为,城市空间结构存在明显的不均匀特征,人口数量及多维度结构特征、产业类型及结构特征在空间上都具有不同的分布形式,因此职住平衡与否必然会因区块而异,且每个区块的职住关系并不是静态的,而会是动态变化的,因此设定一个长久不变的“合理值”也没有意义。事实上,我们只需要根据区块中人口、产业、交通基础设施和公共服务特征的动态变化来理解这一区块职住关系的形成即可。

本研究从就业者居住选址和居住者就业选址两个角度来诠释职住平衡背后的规律。

就业者居住选址的内在规律

“就业者平衡指数”描述的是在本区块就业的劳动力,有多大比例选择在本区块居住。不同的产业(及微观的企业个体)会雇佣不同类型的劳动力,这些劳动力的通勤成本会被资本化到他们的工资中,从而进入企业的生产成本,而这些劳动力的人力资本水平也直接影响企业的经济产出。因此,该区块内产业所对应的企业性质、劳动力人力资本水平以及交通可达性,会影响劳动力市场上企业与劳动力的搜寻和匹配过程,形成相应的居住和就业空间关系。研究表明,技能越高的劳动力,与之匹配的就业机会越稀疏(thin job market),需要就业者在较大的空间范围内进行搜寻以寻找到合适的工作机会,这意味着高技能劳动力(及相应行业)会对应较低的就业者平衡指数。如果该区块有较为完善的交通基础设施,例如轨道交通,能够有效的降低通勤成本,那么就业者平衡指数有可能会被进一步拉低。这是因为就业和居住的空间位置可以进一步拉开,而实际的交通时间并不会被延长很多(因此劳动力成本也不会上升很多)。更进一步,中国特有的一些制度因素和转型经济特点也会影响该指数的空间差异性。一个典型的例子就是原先单位制下的“大院”模式,人们在单位内部或附近居住,职住平衡的程度非常高。目前这种“大院”模式正在逐步瓦解,但历史路径依赖性仍然存在,例如单位的房改房中仍然居住了大量的本单位职工。因此如果一个区块里的国有企业和事业单位比重较高,那么我们预期“就业者平衡指数”也会比较高。

居住者就业选址的内在规律

“居住者平衡指数”描述的是在本区块居住的劳动力,有多大比例选择在本区块就业。相类似的,高技能劳动力的居住和就业位置会距离较远,该指数较低;国有企事业单位占的比重越高,该指数则会越高;地铁会降低该指数,使得人们可以在离家较远的地方工作。但对于该指数空间差异性的分析更需注重除了劳动力人力资本水平外的其他家庭特征。如果一个家庭人口较多,那么在选择居住地时就需要去权衡家庭内多个就业者的工作地,这会拉长每

个就业者的职住空间距离。家庭责任越重的就业者，会选择在较近的位置工作，这会抬高该指数。目前文献研究中主要关注两个家庭责任变量，一个是家庭里是否有小孩，有小孩的家庭，家长需要花很多时间在孩子身上，往往会选择在较近的地方工作；另一个是性别，通常认为女性就业者需要承担更多的家庭责任，也会尽可能的缩短通勤时间。

北京市职住关系与各项影响因素的数量关系

主要影响因素简介

根据前文对于“就业者平衡指数”的分析，我们建立的街道层面的就业者平衡指数的影响方程如下：

$$JHBR_{J,i} = \beta_0 + \beta_1 EDU_{J,i} + \beta_2 PRIVATE_{J,i} + \beta_3 SUBWAY_i + \varepsilon_i$$

上式中， EDU_J 表征街道就业者的平均受教育程度，这是劳动力技能的代理变量，根据上文，街道就业者平均的劳动力技能越高，则其中会有越多的就业者为了获得更好的就业匹配而选择较远的职住关系，该街道的职住平衡将会降低； $PRIVATE_J$ 则表征街道非国有企事业单位就业者的比重，由于非国有企事业单位员工在住房资源的获取中比公共部门就业者存在一定的劣势，同时较高的就业不确定性也导致其更多地考虑未来的就业匹配，因此街道非国有企事业单位就业者比重越高，该街道的职住平衡程度越低； $SUBWAY$ 表征街道的地铁可达性，上文指出，地铁的建设很有可能将职住平衡进一步拉低。因此，上述方程中三个解释变量的系数均应为负。 ε 为独立同分布的随机误差项。

根据前文对于“居住者平衡指数”的分析，我们建立街道层面的居住者平衡指数的影响方程如下：

$$JHBR_{H,i} = \beta_0 + \beta_1 EDU_{H,i} + \beta_2 PRIVATE_{H,i} + \beta_3 SUBWAY_i + \beta_4 HHSIZE_{H,i} + \beta_5 KIDS_{H,i} + \beta_6 GENDER_{H,i} + \zeta_i$$

上式中， EDU_H 表征街道居民的平均受教育程度， $PRIVATE_H$ 表征街道居民就业于非国有企事业单位的比重， $SUBWAY$ 表征街道的地铁可达性，与上式类似，上述三个变量的系数均应为负； $HHSIZE_H$ 表征街道平均家庭规模，根据上文，该值越大，街道职住平衡程度越低； $KIDS_H$ 和 $GENDER_H$ 分别为街道中拥有孩子家庭的比重和男性居民的比重，这两个变量均表明了家庭责任对居民职住选择的影响，照顾孩子的需求促使居民选择较近的职住关系，而男性由于家庭责任相对女性较小，因此街道男性居民比例越高，职住平衡程度越低。因此， $KIDS$ 的系数符号应为正，而 $GENDER$ 的系数符号应为负。 ζ_i 为独立同分布的随机误差项。

表 1 变量构造说明

变量类别	变量名称	构造说明	按居住者统计		按就业者统计	
			均值	标准差	均值	标准差
人口特征	受教育水平	平均受教育水平（按 1-9 分类），分别统计街道居住者和街道就业者的平均水平，用于居住者平衡指数和就业者平衡指数的解释	4.97	0.47	5.50	0.46
	非国有企事业单位就业比重	就职于非国有企事业单位的比例（%），分别统计街道居住者和街道就业者的平均水平，用于居住者平衡指数和就业者平衡指数的解释	0.75	0.09	0.75	0.10
	家庭规模	街道上居民家庭中平均常住人口数（人）	2.79	0.18		
	家有小孩	街道上居民家中有 6-12 岁小孩的比例（%）	0.13	0.04		
	男性比例	街道上居住者中男性的比例（%）	0.51	0.02		
轨道交通便捷性	地铁可达性	街道层面上地铁可达性，对 1000m 内地铁站数量进行距离反向加权，再在街道范围内求取平均值	3.53	3.7		

数据说明：上表中，“受教育水平”按照北京市交通出行大样本调查分为以下几类：
1.未受教育；2.学龄前儿童；3.小学；4.初中；5.高中；6.中专；7.大专；8.本科；9.研究生

实证结果

（1）就业者平衡指数

就业者平衡指数的影响方程的估计结果如表 2 中第（1）-（3）列所示。街道中就业者的平均受教育程度、非国有企事业单位就业比重，以及该街道地铁站可达性这三个变量均与就业者平衡指数呈现显著负相关，与之前的理论分析及预估结果十分一致。其中，街道就业者的平均受教育程度这一个变量的解释能力就超过 30%（见表 2 第（1）列），可见就业搜索和劳动力匹配因素在城市职住空间关系的形成中起到了十分重要的作用。而加上街道非国有企事业单位就业者比重后，方程解释能力进一步加强（见表 2 第（2）列），更是印证了这一结论，并说明计划经济时期的“大院模式”在当前仍对城市空间结构产生不可忽视的影响。

（2）居住者平衡指数

居住者平衡指数的影响方程的估计结果如表 2 中第（4）-（6）列所示。与就业搜索和就业匹配密切相关的两个变量——街道居民平均受教育水平和就职于非国有企事业单位与居住者平衡指数呈现显著的负相关性，且解释能力近 30%，同样可见劳动力与就业岗位匹

配的需求起到了十分重要的作用。此外，街道的地铁可达性、居民的平均家庭规模也分别在5%和1%的置信水平下与居住者平衡指数负相关。两个家庭责任变量（性别与是否有小孩）都显示出符合预期的影响——女性和家里有学龄儿童的就业者都会选择在较近的地方就业，从而显著提高居住者平衡指数。

表 2 就业者和居住者平衡指数空间差异性的影响因素分析

变量名称	因变量：就业者平衡指数			因变量：居住者平衡指数		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
受教育程度	-0.246*** (0.0312)	-0.268*** (0.0297)	-0.224*** (0.0326)	-0.131*** (0.0186)	-0.118*** (0.0192)	-0.115*** (0.0203)
非国有企事业单位就业比重		-0.577*** (0.136)	-0.590*** (0.133)	-0.457*** (0.0908)	-0.442*** (0.0896)	-0.403*** (0.0917)
地铁可达性			-0.0449** * (0.0156)		-0.00437** (0.00193)	-0.00480** (0.00197)
家庭规模						0.519*** (0.186)
家有小孩						-0.113** (0.0488)
男性比例						-0.552* (0.333)
常数项	1.664*** (0.172)	2.210*** (0.207)	1.983*** (0.216)	1.160*** (0.143)	1.101*** (0.143)	1.587*** (0.284)
样本数	129	129	129	126	126	126
R ²	0.329	0.413	0.449	0.293	0.321	0.378

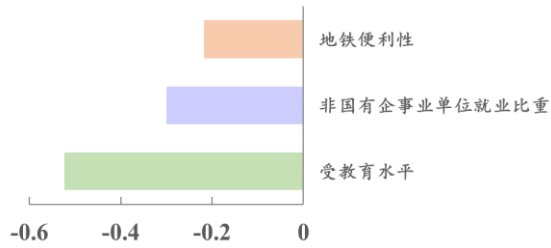
上表中括号内为标准差；

*** 为在 1%置信度下显著, ** 为在 5%置信度下显著 p<0.05, * 为在 10%置信度下显著

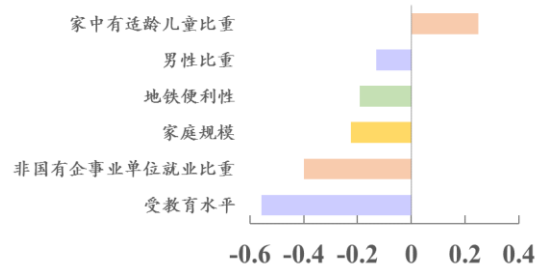
在以上回归结果的基础上，我们对每个变量进行标准化处理，得到各个因素的标准化影响系数。可以看到，对于就业者平衡指数，就业者的受教育水平影响最为显著，私营企业就业比重和地铁便利性的影响则较为接近；对于居住者平衡指数，就业者受教育水平的影响同样远远超过其他因素，其次是私营企业就业比重，而家庭结构和地铁便利性的影响则相对接近。

图 4

北京市职住平衡指数两个子指数的影响因素
就业者平衡指数的影响因素



居住者平衡指数的影响因素



我们对两个职住平衡指数的空间差异性的实证分析发现,就业区块中的劳动力人力资本水平、轨道交通可达性和企业所有制构成会显著影响该区块的“就业者平衡指数”;而对于居住区块而言,劳动力人力资本水平、轨道交通可达性、家庭规模以及家庭责任(是否有小孩及劳动者性别)会显著影响该区块的“居住者平衡指数”。由于这些影响因素在不同区块的差异性很明显,所以职住平衡指数必然会存在显著的空间差异性。简单的认为职住平衡就是指一个区块内的就业岗位数量和住房数量相等(或近似相等),是不符合客观市场规律的,因此也难以实现。这意味着,城市规划与管理者应该对塑造城市职住空间关系的这些经济机制有更为深入的了解,才能设定更为科学的规划指标,形成合理的职住关系,从而提高城市空间效率并改进居民生活质量。

城市职住关系与交通拥堵

通过上面的研究，我们了解到北京市职住分离的现状及其背后的经济机制。那么职住分离会带来哪些社会成本呢？直观地看，充当就业中心的街道在上班时段面临着大量的内向型通勤，下班时段则面临着等量的外向型通勤。相似的，充当卧城的街道在上下班高峰期也不得不面对大量的内外通勤。这样，必然造成重要道路节点在上下班高峰严重的交通拥堵，通勤者必须忍耐长距离和长时间的通勤。同时，低速行驶的大量机动车也会带来更多的尾气污染。我们的研究定量地度量了这些社会成本。

我们的研究团队将百度地图的实时路况数字化，测算了各个街道的拥堵指数。并构建回归模型，分析职住失衡和优势公共服务空间过度集中对拥堵指数的影响因素。并进一步基于上述定量模型，对职住平衡和公共资源空间均等化的优化效果进行了模拟测算，测度了这种优化能够节约的社会成本。

交通拥堵的定量测算

数据获取与解析

为了更为真实全面的反映北京每天的交通情况，本研究选取 8:30、12:30、18:30 三个时刻作为观测时点，在每天相应时刻截取百度地图的实时路况作为判断交通拥堵情况的基准。为了保证数据的代表性，我们分别在六月和十月各选取五个工作日进行数据采集。

对于获取的百度路况截图，根据颜色将不同道路的交通拥堵情况划分为四个等级，其中绿色代表通畅，类似的，黄色代表一般拥堵、红色代表拥堵、而深红色则代表严重拥堵。

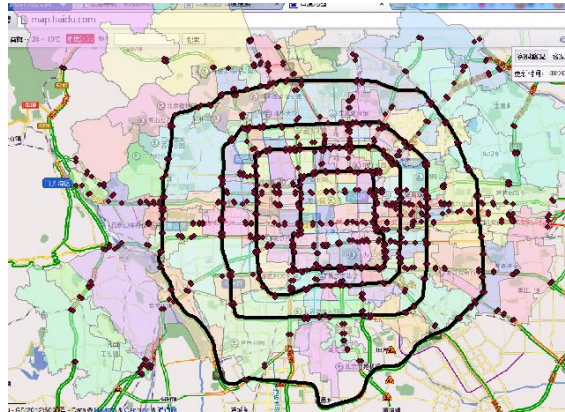
图 5
北京市实时百度路况及拥堵等级划分



百度路况给出了北京市主要道路的交通拥堵情况，为了将拥堵情况对应到不同街道上，我们通过以下方法对百度路况图片进行解析：首先，在 ArcGIS 中将截取的百度路况图像与北京市环路图层进行叠加，对图像进行定位，进而得到图像上每一点的坐标；接下来，在

ArcGIS 中将截取的百度路况图像与城八区内街道图层进行叠加，通过人工识别，手动添加主要道路与 129 个街道的所有交点，得到共 891 个观测点，并导出观测点的坐标（如图 6 所示）；然后，使用 Python 的 PIL 模块对截取的百度路况图像进行 RGB 分析，获取观测点所对应像元的色彩并输出；最后，对于已获取的 12 天共 36 张路况图像分别进行以上步骤，按照三个时间段对结果进行整理。

图 6
百度路况与 GIS 图层叠加确定观测点



拥堵指数构建与分析

为了构建拥堵指数以定量化描述各街道拥堵情况，我们对百度路况中的颜色进行赋值，由通畅至严重拥堵四种不同颜色的拥堵等级依次赋值 1、2、3、4。由此得到每一个街道的拥堵指数，取该街道内所有观测点的拥堵等级值的平均值：

$$CI = \frac{\sum_j \sum_i \text{congestion}_{j,i}}{\sum_j \sum_i 1}$$

上式中，CI (Congestion Index) 表征街道的拥堵指数，j 表征第 j 天，i 表征该街道内第 i 个观测点，congestion_{j,i} 表征观测点所对应的拥堵等级值。

(1) 两季度对比

通过 matlab 的插值和绘制曲面 (GriddedInterpolate 和 Surf) 功能，将六月份样本在三个不同时间段的拥堵指数绘制如图 7，可以看到 8:30、18:30 两个时段作为早晚高峰，其拥堵情况较为明显，而 12:30 时段全市交通情况则较为通畅。十月份样本的情况也与此一致。因此我们将各街道早晚高峰时段的拥堵指数取均值作为反映北京市高峰出行道路拥堵情况的指标。图 8 反映了六月份和十月份高峰出行拥堵情况，可以看到二者分布情况十分一致，这也证明了获取的样本数据具有较好的代表性。

图 7

不同时段拥堵情况分布 (早、中、晚)

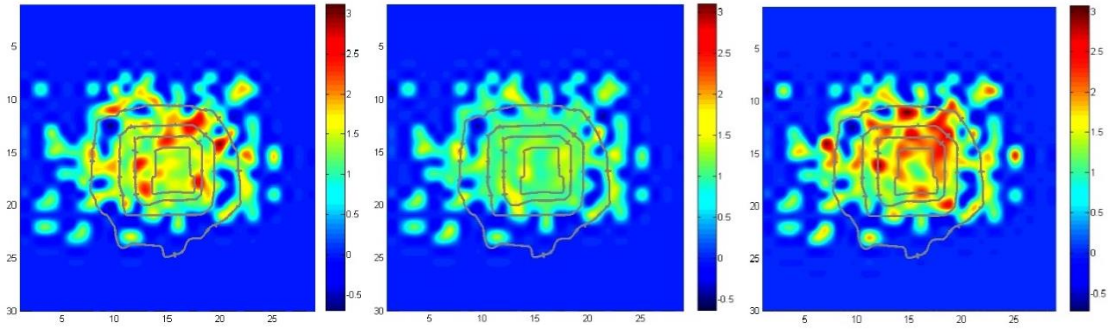


图 8

两季度拥堵情况分布

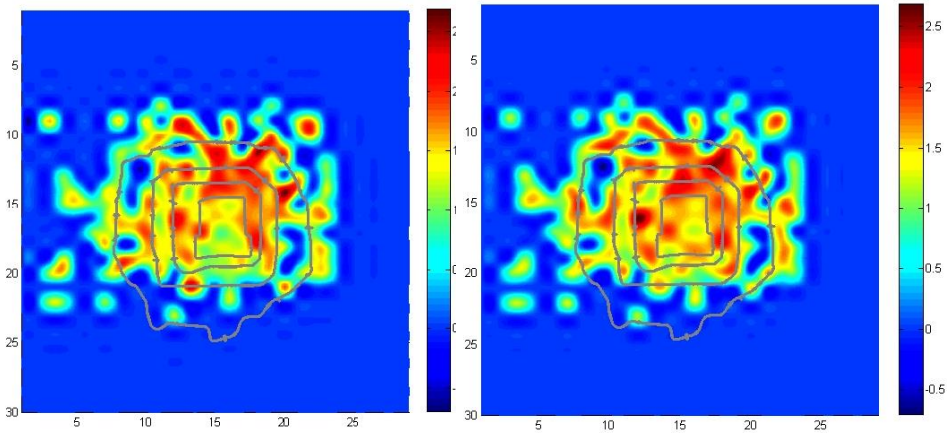
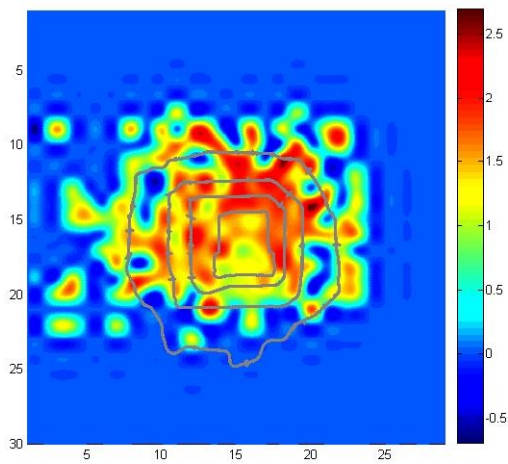


图 9

高峰拥堵情况分布图



(2) 区域对比

通过将六月与十月的拥堵指数取均值,得到北京市上下班高峰出行时段的拥堵情况分布(如图9所示)。可以看到在交通高峰期,北京市的拥堵主要集中在东北方向,其中拥堵指数最高的13个街道(前10%)中,有八个位于朝阳区。就业中心、次中心,例如CBD、望京、金融街、亚运村、中关村等周边的拥堵情况也较为显著。

职住失配对交通拥堵的影响作用分析

交通拥堵的主要影响因素

在建立交通拥堵的作用模型时,我们从需求和供给两个方面分析其影响因素,需求方面考虑了职住失衡以及优势公共服务过度集中所带来的影响,供给方面则将街道内各级道路的总长度作为衡量指标。同时用各街道到市中心的距离作为控制变量,控制其他可能影响交通出行需求的区位因素。

(1) 职住失衡

通过前文的计算可以得到129个街道的职住比分布情况,选取其中位数Medium为职住比合理值,过高和过低的职住比均意味着职住失衡,职住失衡程度可以用各街道职住比到合理职住比的距离进行衡量。

$$JHRI_j = |JHR_j - \text{Medium}|$$

上式中,JHRI_j表征街道j的职住失衡程度,JHR_j表征街道j的职住比,Medium为129个街道职住比的中位数。

(2) 优势公共服务过度集中

优势公共服务主要考虑三甲医院和重点小学这两项能够引起拥堵的关键指标。为了量化医院和小学的聚集对交通拥堵的影响,我们构建两个哑元变量作为解释变量加入回归方程,哑元变量以某一街道及其相邻街道内优势公共服务供给数量为基础进行构造:

$$NHOS_j = \sum_i nHOS_{ji}$$

上式中,NHOS_j表征街道j及其相邻的街道内三甲医院数量的总和,nHOS_{ji}表征街道i以及与其相邻的各街道中三甲医院的数量。进一步构造哑元变量,如果某街道的NHOS_j排在前三分之一,则认为这一街道三甲医院供给较为聚集,相应的,该街道的三甲医院聚集指标取值为1,否则为0。重点小学供给聚集指标的构造方式与医院完全一致,以某一街道及其相邻街道内重点小学总数量为基础构造哑元变量。

$$HOSPITAL_j = \begin{cases} 1 & \text{if } NHOS_j \text{ rank in top } 1/3 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

最终构建的拥堵指数回归方程如下：

$$CI_j = \beta_1 \cdot JHRI_j + \beta_2 \cdot HOSPITAL_j + \beta_3 \cdot SCHOOL_j + \beta_4 \cdot ROAD + \beta_5 \cdot DISTANCE_j + \varepsilon$$

上式中，JHRI_j 表征街道职住失衡程度，职住失衡程度越严重，该街道上下班高峰阶段的交通拥堵问题就会越明显；HOSPITAL_j 和 SCHOOL_j 分别表征街道及相邻街道内三甲医院及重点小学的聚集程度，医院和小学的供给越聚集，出入该街道的交通量越多，交通拥堵问题也会越严重；因此，上述方程中三个解释变量的系数均应为正；ROAD 为街道内各级道路的总长度的对数值，作为衡量各街道交通供给情况的衡量指标；DISTANCE_j 为街道中心到市中心的距离的对数值，作为控制变量剔除城中心借道效应；ε 为独立同分布的随机误差项。

表 3 拥堵指数的影响因素分析

变量名称	因变量：拥堵指数		
	(1)	(2)	(3)
职住分离	0.0680** (0.0299)	0.0658** (0.0293)	0.0584** (0.0293)
医院供给集中		0.139** (0.0560)	0.119** (0.0565)
小学供给集中			0.0988* (0.0531)
道路供给	-0.0148 (0.0425)	-0.00796 (0.0417)	-0.00257 (0.0414)
到市中心距离	-0.0684* (0.0367)	-0.0647* (0.0359)	-0.0747** (0.0360)
常数项	2.161*** (0.584)	2.013*** (0.576)	2.015*** (0.570)
样本量	129	129	129
R ²	0.077	0.121	0.145

上表中括号内为标准差；

*** 为在 1% 置信度下显著，** 为在 5% 置信度下显著 p<0.05，* 为在 10% 置信度下显著

回归结果与解释分析

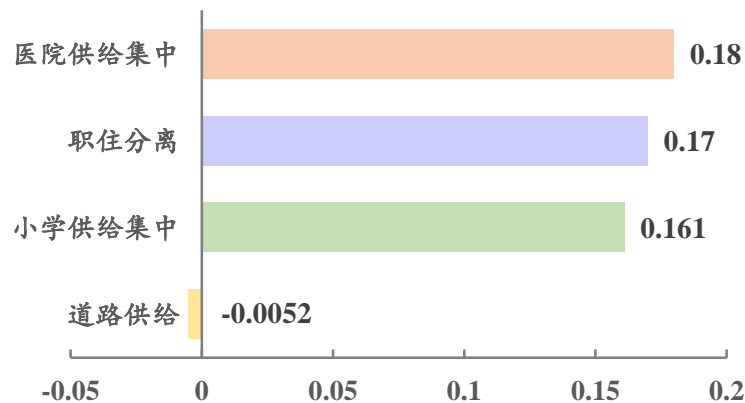
通过对 129 个街道的数据进行回归分析，得到拥堵指数的影响方程的估计结果如表 3 所示。街道中职住失衡程度 (JHRI)、街道及相邻街道内三甲医院 (HOSPITAL) 及重点小学 (SCHOOL) 的聚集程度，这三个变量均与拥堵指数在不同显著条件下呈现正相关，与之

前的理论分析及预估结果十分一致。而道路供给则与拥堵指数呈现负相关，但是显著性则并不高。

在以上回归结果的基础上，我们对每个变量进行标准化处理，得到各个因素的标准化影响系数，可以看到医院供给集中、职住分离、小学供给集中这三个需求端指标的影响系数十分接近。而道路供给这一要素的影响系数则相对较低，这可能是由于道路供给可能会引致新的交通需求，所以并不能够达到很好的疏解拥堵的效果。

图 10

拥堵指数影响因素分析



拓展：职住平衡与公共服务均等化的“降堵”效果模拟分析

根据以上实证结果，可以看到职住失衡与公共服务供给聚集这两个因素较为显著的加重了城市交通拥堵问题。以此为基础，我们希望通过改善城市职住关系和公共服务供给格局来模拟对交通拥堵问题的缓解，为城市空间结构优化的规划政策提供决策支持。

职住平衡的“降堵”效果模拟

针对目前北京各街道职住比差异明显的现状，我们假定可以将职住比较高的街道的工作岗位迁至职住比较低的街道，用以缓解职住失衡的程度。基于这一假定，首先对各街道职住比进行由高到低的排序，选择排序位于前后 25% 的街道的职住比分别作为调整的上下基准，将高于上基准的街道职住比下调至 75% 分位点值，同时将低于下基准的街道职住比上调至 25% 分位点值。

由上述方式可得城八区 129 街道的新 $JHRI_j$ ，将新的 $JHRI_j$ 带入前文得到的回归方程，得到对职住失衡进行调整后的拥堵指数。图 12 为 Matlab 中做出的职住比进行调整后北京交通拥堵改变量的热力图。可以看到，职住比特别高的区域，通过调整，其职住比显著下降，进而缓解了上下班高峰期的交通情况，其中建外街道的交通拥堵指数降低了超过 20%，而农展馆、金融街、中关村等区域交通拥堵情况也得到了 10% 左右的缓解，职住比最高的十个街道的拥堵指数平均降低了 8.75%；同时，北京一些职住比特别低的外环地区也因为职住

失衡的调整而也有一定程度的交通缓解,例如南苑机场附近的和义街道的交通拥堵指数下降了超过2%。

图 11

模拟调整职住比对交通拥堵影响原理

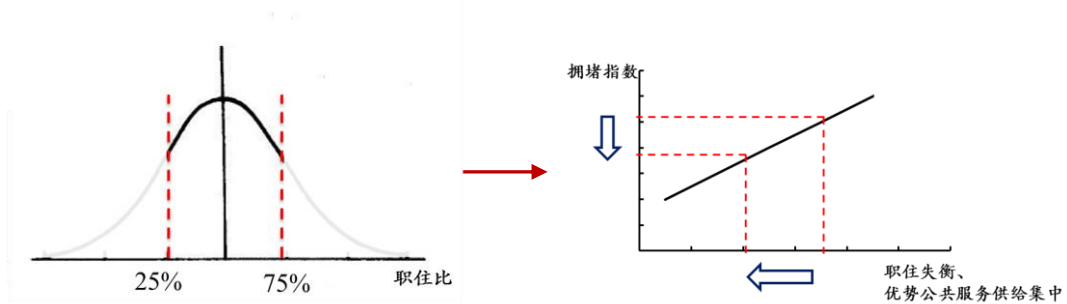
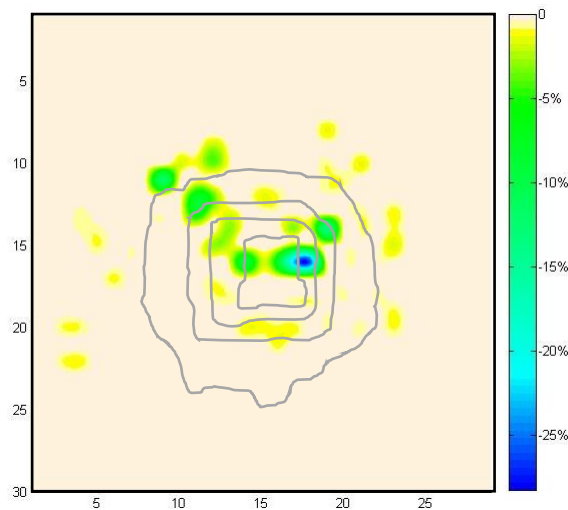


图 12

职住失衡调整后拥堵情况改变量分布情况



公共服务均等化的“降堵”效果模拟

由图 13 可以看出,目前北京市三甲医院和重点小学分布严重不均衡。重点小学过度集中于城中心和西北部,而三甲医院的分布则类似一个横轴西南-东北方向的稍扁的椭圆,同时医院在该椭圆内以小群落的方式聚集。

与对职住比进行调整相类似,我们假设可以将北京市内的小学和医院调整至均匀分布,在不存在集聚效应的情况下,回归方程中的两个集聚指标 SCHOOL 和 HOSPITAL 将全部取值为 0,在此基础上计算 129 个街道调整后的拥堵指数。

图 14 为消除重点小学和三甲医院聚集后对交通拥堵带来的缓解量，其中重点小学的调整改变了 49 个街道的交通拥堵情况，拥堵指数平均降低了接近 8%，北大附小所在的燕园街道拥堵改善量近 10%；三甲医院的调整改变了 36 个街道的交通拥堵情况，拥堵指数平均降低了 8.14%。北医三院、北医六院、首都医科大学附属北京天坛医院所在的街道交通拥堵改善幅度接近 12%。

图 13
北京重点小学(左)以及三甲医院(右)的分布情况

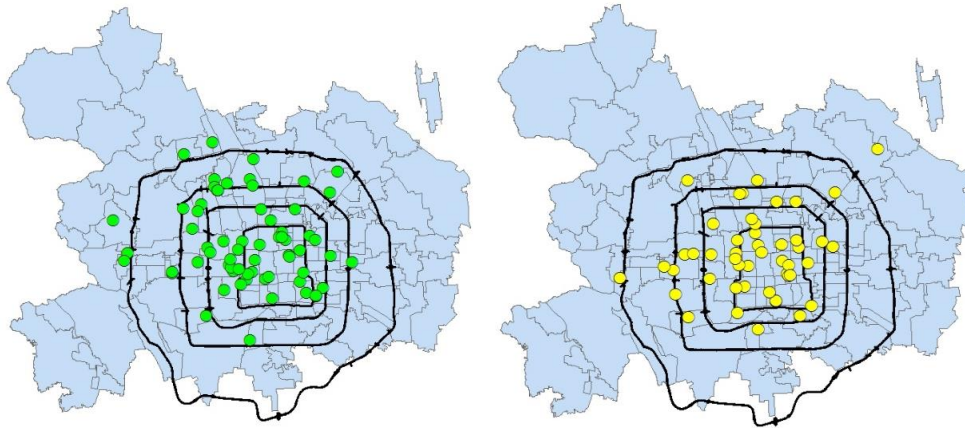
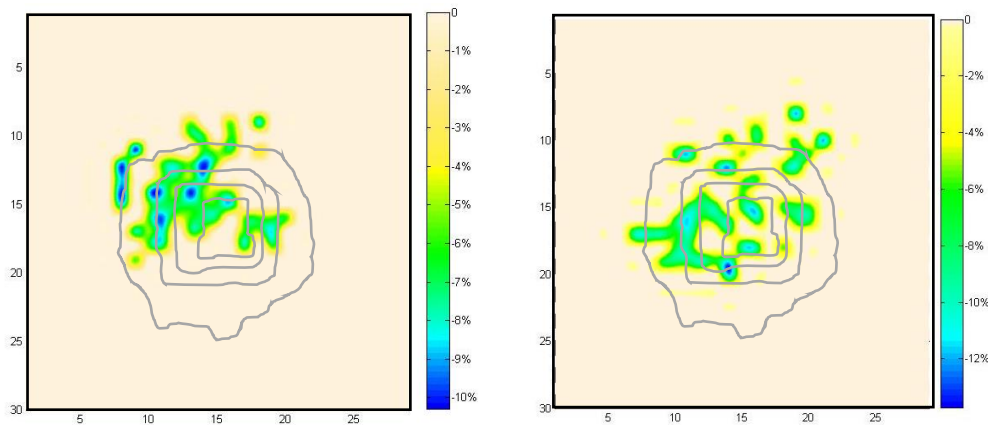


图 14
北京重点小学(左)以及三甲医院(右)供给调整后拥堵情况改变量分布情况



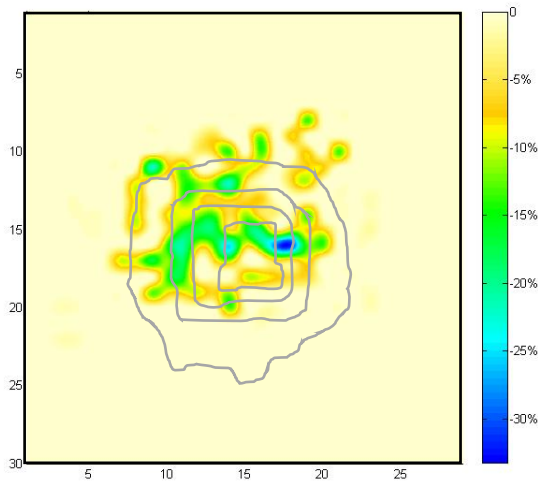
职住平衡和公共服务设施均等化对缓解交通拥堵的影响

将以上两个调整情况进行叠加，同时对职住失衡和公共服务供给不均进行调整，根据回归方程得到调整后的拥堵指数。城八区内共有 102 个街道的拥堵指数出现了不同程度的下降，其中有 27 个街道拥堵指数下降超过 10%，68 个街道下降超过 5%，城八区平均拥堵指数下降 6.02%。建外街道则在高职住比的调低以及重点小学调整的共同作用下拥堵指数下降程度接近 30%。图 15 为调整后拥堵指数下降百分比的分布图，可以看到北京市整体交通情况得

到明显改善，其中国贸、金融街、中关村等交通拥堵十分明显的地区其改善情况十分显著，其他区域乃至外环也得到不同程度的改善。

图 15

职住平衡和公共服务设施均等化前后拥堵情况分布情况

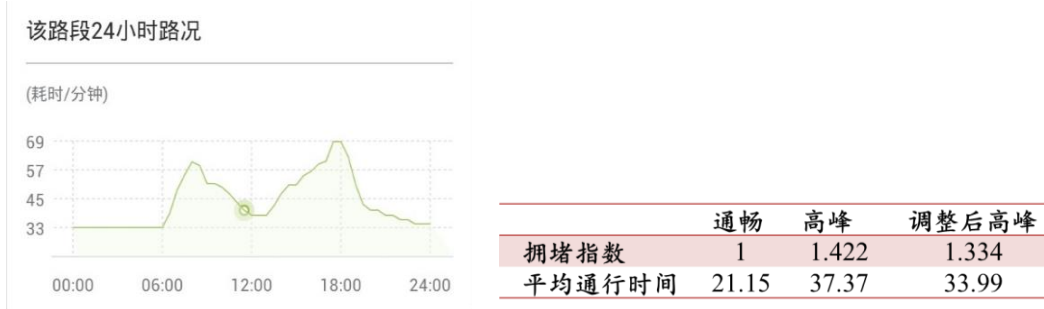


城市职住平衡和公共服务均衡供给对节约社会成本的意义

为了更直观的反映职住比和优势公共服务供给的调整对交通情况的影响，我们进一步引入居民时间成本这一指标。选取国贸街道作为驾车通行的终点，利用百度地图客户端的 24 小时交通查询功能，获得 128 个街道到国贸（以国贸街道办事处为终点，其它街道办事处为起点）的高峰和通畅时段驾车通行时间的数据，以此反映居民日常出行的通勤时间。从城八区各街道的平均水平来看，高峰时段驾车到国贸的平均时间是 37.37 分钟，通畅时段平均时间则为 21.15 分钟。

图 16

街道到国贸驾车时间获取（左图以马连洼街道为例）



通过百度路况采集的数据计算得到，早晚高峰的路况计算得到高峰时段拥堵指数均值 1.422，通畅时段的拥堵指数为 1。对职住比和公共服务供给进行调整后得到的高峰时段拥堵指数为 1.342，通过线性插值可以计算得到调整后高峰期到国贸平均驾车时间为 33.99 分钟，

相比于调整前节约了 9% 的出行时间(3.38 分钟),考虑到城八区内共有居民 1109.27 万人(其中就业者约为 743.21 万人),则北京市城八区内每天“在路上”的时间节约了 83.74 万小时,按照每小时 13 元的时间价值计算⁶,则每天节约的社会成本达到 1088.56 万元,一年节约的时间成本占 2013 年北京市城八区居民总收入的 0.84%,平均每个街道每天节约通勤时间 6491 小时,节约时间成本 8.44 万元。而我们发现模拟后市区内交通拥堵指数平均下降 6.02%,根据相关研究,这一改变将会使得市区内 PM2.5 浓度下降 4.8% (约为 8-9 微克/立方米)⁷。由此可以看到职住平衡和公共服务的去集中化对于提升城市生活的效率和节约社会成本能够起到十分显著的作用。

⁶根据郑思齐和杨振鹏在 2007 年的研究结论(具体见《Housing price gradient with respect to true commuting time in Beijing: Empirical estimation and its implications》),每小时通勤时间的货币成本约为 13 元。

⁷根据陆铭、孙聪、郑思齐在 2014 年的研究结论(具体见《“Monocentric Schools” in Beijing: The Congestion and Pollution Consequences of Driving Children to Schools》),交通拥堵指数上升 20%,PM10 浓度上升 20 微克/立方米。

结语：优化城市空间结构需要顺势而为

主要观点

十八届三中全会的《决定》中提出要“优化城市空间结构和管理格局”。就业（“职”）和居住（“住”）的互动关系是城市空间增长管理的核心。在中国许多城市进入整体拥堵时期的现实下，通过“职住平衡”降低交通出行需求成为城市规划和管理者的政策着力点。

我们的研究表明，北京市城八区总体职住关系较为均衡，但各个街道存在显著差异性，职住比最高的街道是最低街道的 65 倍。这种差异性与各街道的产业结构、人口结构和交通基础设施状况相关。同时，我们的实证测算显示，过度的职住分离，以及优势公共服务资源的过度集中，的确带来了交通拥堵的加剧和就业者通勤时间的显著上升。

从集聚经济效益、劳动力市场匹配和居民家庭出行需求多元化等多个角度来看，“职住分离”都有其必然性和合理性。城市规划与管理者应该对塑造城市职住空间关系的这些经济机制有更为深入的了解，而不应将规划凌驾于市场之上，用“堵”的方式来追求“职住平衡”。相反，城市公共政策应该致力于为市场个体提供更多的选择机会（“疏”），顺势而为，由他们在考虑其社会收益和成本后作出理性选择，形成合理的职住关系。

具体操作上，在进行城市空间规划和土地供给时，应当促进产业用地的充分集聚，同时应充分考虑产业和就业者特征，对于具有职住平衡倾向的产业和就业者，应当适当增加就业中心周边居住用地的开发密度或提高存量住房周转率；在交通方面，可考虑建设从就业中心延伸到城市外围的快速交通设施（例如轨道交通），并在轨道交通周边提供充足的居住用地，同时降低居民的居住和交通成本；在公共服务方面，应当逐步调整公共服务设施的空间布局，改变其过度集中于城市中心的现状，使其与产业和居住的郊区化相协调，从而有利于居民更好地权衡工作机会可达性和住房成本，同时兼顾集聚经济效率和降低过度的职住分离程度。这些措施将有助于优化城市空间结构，提高城市效率和居民生活质量。

实践推广

在当前“以人为核心”的新型城镇化战略大背景下，优化城市空间结构和管理格局，提高城市居民的生活质量已成为城市政府的核心工作内容。实现城市内不同区位的职住平衡，是降低交通出行需求，提高城市效率的重要抓手；也是改善城市拥堵，减少空气污染的有效途径。

本报告中所展示的分析框架和技术能够全面客观度量城市职住关系现状，找到政策着力点并模拟政策效果。预期能够在以下两方面为国家和各城市发改委、城市和土地规划部门提供技术支持和决策参考，提高城市治理的科学化水平。

● 职住平衡指数测算与空间差异性分析

发现城市整体层面的职住关系，了解城市内部各个区位的职住失衡状况。进一步，结合具体区块的空间范围和基础信息，可以给出具体的居住用地和产业用地的缺口大小，辅助城市管理部门对就业、居住用地进行空间配置和交通基础设施布局。在对职住平衡需求较强的就业中心周边增加居住用地的开发密度或提高存量住房周转率；在城市外围的区域建设通往就业中心的快速交通设施，并在周边提供充足的居住用地。

● 社会成本测算与模拟分析

一方面能够准确把握各区位拥堵来源，寻找合理的解决方案；另一方面，可以通过模拟测算职住平衡和公共服务均等化所带来的效率提升和社会成本的节约，支持居住和产业用地配置、交通基础设施布局的规划和评估。通过开展“居住-就业-公共服务”三者的联合分析，还能够为政策设计提供更加全局化的分析视角和评价手段，直观测评城市居民的生活质量及其演进。

我们期待能够对更多的城市开展深入研究，扩大合作，用科学理性的分析辅助推进城市空间结构的优化；同时也期待我们的研究成果能够引起政策制定者的关注，最终切实惠及百姓，共同缔造更高质量的城市生活。