

上海轨道交通与人口和就业岗位布局的耦合分析

陈弢 潘海啸¹

【摘要】 轨道交通的布局与人口和就业岗位耦合将有利于城市空间结构与社会经济活动相互适应的调整。以上海为案例,通过手机信令数据比较人口与就业在轨道交通周边以及市域分布的特征。研究表明轨道交通的建设有利于紧凑型、集约式发展,在轨道交通网络覆盖的地区,人口与就业岗位的聚集度高,呈现出隆脊的特征;其次,从全局上看轨道交通有利于城市的疏解,可以使人口与就业岗位克服空间阻抗分布更远处,同时也使得城市中心区以第三产业为主的就业岗位更加集聚,城市空间结构可以更灵活地适应社会经济发展的变化。但在远郊地区人口分布远离轨道交通,这显然不利于 TOD 基本原则的实现,而一些城市中心地区由于宽马路、大间距的建设模式,人口或就业岗位的聚集度并不显著,轨道交通与周边开发的协调也有待进一步改进。在城市中心地区,城市设计中的天际线规划应与轨道交通站点建设或更一般意义上的公交可达性协调。

【关键词】 轨道交通网络 居住人口密度 工作岗位密度 空间耦合

【中图分类号】 TU984 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-3363(2020)05-0032-07

随着中国的快速城市化,北京、上海等大都市聚集了庞大的人口,他们为城市带来网了空前的活力与巨大的发展空间,但也产生了拥堵等一系列问题。人们希望通过城市疏解和建立多中心的城市结构,以公共交通来应对逐渐恶化的交通拥堵。在北京、上海等一线城市,轨道交通里程呈现爆发式增长。目前一些特大城市的轨道交通线路里程已经达到世界前列。在二线城市,乃至深受交通阻塞之苦的部分三线城市也纷纷开展轨道交通的规划和建设。但是轨道交通的投资规模大,线路与站点的选址与网络布局的关系复杂。轨道交通的建设与城市的空间结构的耦合状况需要探究。

对人口和就业岗位分布的研究有助于我们对城市空间结构特征的理解。Colin Clark (1951)发现在大城市一般都存在中心聚集的现象,这种效应在城市中心最明显,而随着距离市中心的距离增加而减少,形成负指数函数关系。这种模式随之而来的就是市中心过度拥挤等问题,Henderson (2009)等人发现在一定交通模式情况之下,单中心城市会随着交通拥挤的增加和通勤费用的提升,迫使居民和企业搬出原有的市中心,同时远离城市中心的部分条件较好的地区逐渐发展,从而形成越来越多的副中心,共同构成多中心的城市空间结构。但城市疏解政策对于就业岗位与居住人口分布一般难以同步发生进行,首先分散到郊区的是居民,随着郊区化的深化,就业岗位也会迁移出去(Shuttleworth I,等,2000; White M J,1999)。如果居民开始迁出而岗位尚未迁出,就会出现市中心区域就业岗位的密度和变化梯度均大于人口(程鹏,等,2017)的现象,同时郊区的居住、岗位与设施建设会有较大的分布差异(宋代军,等,2015),这反而会增加居民的通勤出行距离。

对上海城市空间结构的研究也有许多不同观点,经过多年的开发建设上海已经形成拥有浦东与浦西两大在空间上具有明显双中心特征的城市,但涂婷通过对通勤距离/时间的回归分析发现到 2004 年为止上海就业岗位分布依然是单中心模式(涂婷,2010)。孙斌栋等人研究 1996 年—2005 年的就业岗位分布,也认为在多年推进多中心建设后,上海依然属于单中心结构,并通过调查问卷研究发现新城教育、文娱、医疗等基础设施的不足是新城不能成为上海市新的中心的重要阻碍(孙斌栋,等,2010)。刘贤腾(2016)研究了上海市 30 年间的人口增长变化,发现人口密度曲线随时间趋于平缓,其负指数模型的密度变化梯度不断降低,表明居民克服空间阻力的能力在增强,这也意味着居住人口会越来越分散。王春兰等(2016)等人使用克拉克的负指数

作者简介: 陈弢,同济大学建筑与城市规划学院博士后, chent.10b@ignsrr.ac.cn。

潘海啸,同济大学建筑与城市规划学院,高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室,教授,通讯作者, hxpangk@vip.126.com。

基金项目: 本研究受到国家自然科学基金项目“基于呼吸暴露的体力型出行活动模式、影响机制与规划应对研究——以上海为例”(项目编号: 51778433);“轨道交通网络化条件下宜居型 TOD 发展模式优化研究”(项目编号: 51778431)资助。

模型发现上海人口分布到 2010 年为止依然在统计上可以算作单中心，虽然梯度衰减低于广州，西安等国内城市，但仍高于国外城市，如悉尼的负指数模型显示其在 1980 年代就已经成为多中心城市（Moghadam A S 等，2018）。

缺乏公共交通支撑的疏解又会导致城市蔓延，通勤距离增长和对小汽车的过度依赖问题，如上海的金桥（潘海啸，等，2016）。公共交通，特别是轨道交通系统与城市的耦合发展至关重要（潘海啸，等，2005；潘海啸，等，2009），它们在加强市中心的同时，也可以有效支持城市的疏解（Israel E, 等，2010）。Cervero 与 Day（2008）对中国大城市的研究认为，TOD 的发展极大地增加了这些迅速发展的城市外围地区的可达性，有利于人口的疏解。建立轨道交通带来的城市交通能力的提升，也会令城市的整体吸引力提升，特别是在轨道交通站点地区开发吸引力的提升，体现为地价的上升（Sharm R, 等，2018）。这种靠近站点的地价提升在市中心并不明显，但是从市中心向外围，提升越发显著（潘海啸，等，2008）。Bothe 等人（2018）发现由于政策导向的作用，在哥本哈根轨道交通建立 10 年后，轨道交通服务区域的岗位增长远大于轨道交通服务范围之外。人口与就业的同时疏解，可以避免居住人口与就业岗位分离的加剧。

但对轨道交通系统的巨大的投入也并非没有争议，如 Baum-Snow 等人（2005）基于 16 个美国城市的研究发现投资数十亿美元的轨道交通系统的使用人数在 30 年间降低了一半。Loo 和 Bryson 等人（2018）用香港与伦敦轨道交通的案例建议在建造轨道交通时进行细致的投入产出研究，以避免出现巨额投资严重失误的情况。我国大陆地区，学者们普遍认为轨道交通是实现多中心城市目标的客观要求（李道勇，2014），但轨道交通建设是否就一定带来规划所希望的发展，在城市不同地区轨道湖与人口和就业岗位关系如何，需要更多的实证研究。本次研究使用经过六普数据校正的上海手机信令数据，根据城市经济学的原理，从密度分布特点方面研究轨道交通与人口和就业岗位分布的耦合关系。

TOD 通常的定义是在公共交通节点周边步行范围的高密度，功能混合的区域（GaleloA, 等，2014），其范围在不同学者的研究中取 500m（潘海啸，等，2005）到 800m（吕帝江, 等，2019）不等，但其影响范围往往会更远（刘泉，2019）。本文选用作为 TOD 开发建设重点地区的，站点周边 500m 作为研究范围。

1 站点周边工作岗位与居住人口分布

1.1 市域及轨道站点周边工作岗位和居民密度的分布

以人民广场为中心，对比距市中心不同距离的人口与岗位总量分布，发现距市中心 6km 范围工作岗位占全市域的比例要高于人口的比例达 4.5%，而人口占市域的 2.9%；距市中心 6km 范围工作岗位占全市 12.5%，人口占全市 11%；距市中心 15km 范围工作岗位占 40%，居住人口占 44.2%；距市中心 36km 工作岗位占 84.5%，居住人口占 86.5%；到距市中心 54km 时工作岗位占 97.1%，居住人口占 97.5%。整体而言分布较均匀，与人口分布相比，就业岗位在城市中心地区的聚集度更高。

图 1 表现了上海市市域居住人口与工作岗位的分布，以及人民广场、市域人口和工作岗位重心位置。

居住人口与工作岗位在空间上整体分布特征相似，特别是郊区的高低拓扑学特征上非常一致。市域人口的重心与岗位的重心均位于人民广场站西南方，桂林路站附近，人口重心位于桂林路站正东方 500m 左右，距离市中心人民广场 8.3km；岗位重心位于桂林路站西南方约 800m 处，距市中心人民广场站 9.54km，对比闫文晓（2017）对上海人口重心的研究同样位于市中心西南，2006 年位于桂林路站东北 1km 处，2009 年重心向西南迁移 1.6km 至康建园附近，2014 年又向东迁移 300m 左右至漕河泾产业园附近，比本次研究的结果更靠南方。研究证明人口与就业岗位分布仍然偏西。

1.2 市域以及轨道站点周边工作岗位和人口密度的分布特征

首先统计所有站点周边 500m 范围的人口密度和就业岗位密度，及距市中心（人民广场站）的距离。然后在全市范围按 1km 间

隔同心圆计算居住人口与工作岗位的密度并进行比较，得图 2。

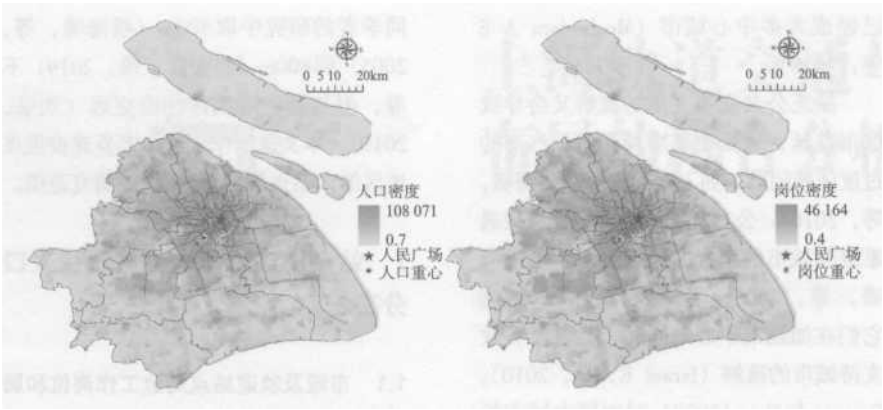


图 1 上海市市域居住人口与工作岗位密度

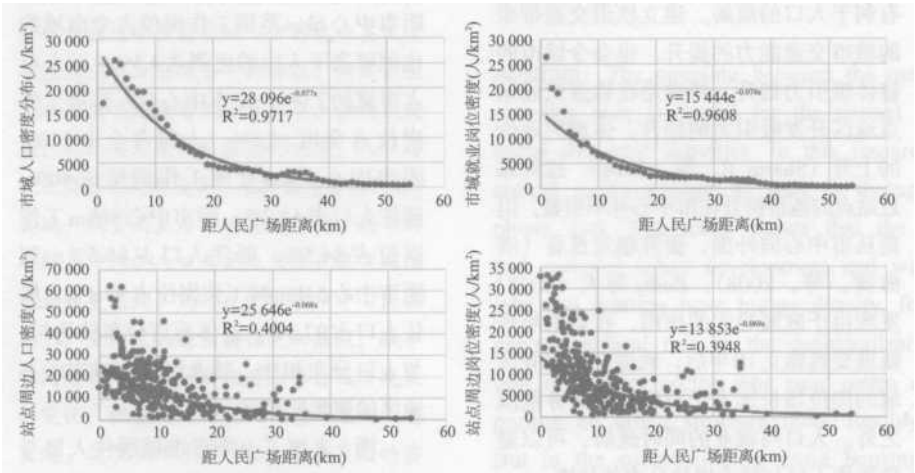


图 2 各环带工作岗位与人口密度以及轨道站点周边人口与工作岗位密度

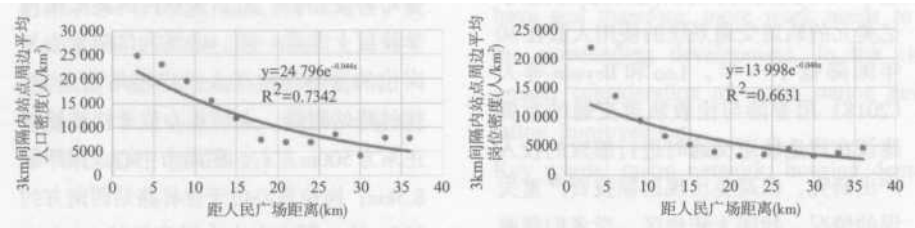


图 3 3-36km 范围内站点周边平均居住人口与就业岗位密度

考虑到城市经济学的地租理论模型，工作岗位与人口密度随距市中心距离变化的趋势函数是可以用以下公式表现：

$$\ln \frac{Pop}{Area} = a + (-b) * Distance \quad (1)$$

将其变形可以得到 Clark 提出的负指数函数：

$$\frac{Pop}{Area} = ae^{-bDistance} \quad (2)$$

可以看出,市域平均密度的逆指数函数的参数值 b,即密度随距离衰减的变化梯度系数均为对人口为 0.075,就业岗位是 0.073 左右,工作岗位密度的衰减要略低于人口密度。而一般以生产服务为主的国际大都市如纽约、伦敦等城市的工作岗位密度变化梯度都会比较大,这是由于以服务、知识和理念为主经济活动需要大量面对面讨论,这类就业岗位都会呈现更加向心集中的趋势,以便更加迅速地进行信息交流(Castells M,等,1994),而溢出效应又强化了这种趋势。

与过去的相关研究相比较,人口密度在市域范围内的分布更为平缓,从 1980 年四普时人口密度变化梯度为 0.42,下降到 2010 年六普时约 0.10,再到本次研究的 0.077,密度变化梯度持续降低,这主要是随着城市快速发展,外围人口迅速增长,同时根据城市扩张策略调节了市中心区人口过快的增长。市中心仍有较高的人口密度,保证了城市中心区的活力。

而站点周边 b 值在 0.068 与 0.069 之间。与市域总体的平均相比,人口和就业岗位沿轨道交通的分布略为平缓,但其 R^2 相对小很多。同时我们也可以看到,绝大多数轨道线路在距市中心 36km 左右时候就到达了终点,因此下面我们也会对不同的范围进行比较。

由于用每个站点的数据比较离散,为了归纳更为一般性的规律,我们把数据进一步聚合。计算距市中心每隔 3km 的环范围内所有轨道站点 500m 周边的人口和就业岗位密度的平均值。这里选用 3km 的间隔是考虑到每个研究区间内有一定的站点数量,另外也与上海的环线位置基本吻合。结果见图 3。

图 3 的结果与图 2 对比可以发现,轨道交通站点周边人口与就业岗位的平均密度分布的 b 系数降低到了 0.044 和 0.046,这与传统城市经济学理论模型相一致,轨道的建设会使社会经济活动在空间扩散的阻力降低,人口与就业岗位会扩散到更远的空间。从图 4 可以看到在此研究范围内轨道交通的扩散作用更加明显。

为了反映城市不同范围内就业岗位与人口分布特征的差异性,我们将研究范围分为距市中心 54km,也就是轨道交通达到的最远位置,以及外环线附近的 15km 范围进行分析,并以上述 36km 的范围为参照。同样这里按 3km 间隔环计算其中站点周边密度的平均值,市域范围则按 1km 的间距统计,并用 Clark 函数进行拟合,比较密度随距离的密度变化梯度 b,结果如图 4 所示。

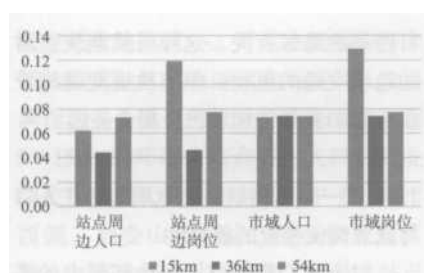


图 4 不同范围的市域与站点周边工作岗位和人口密度变化梯度

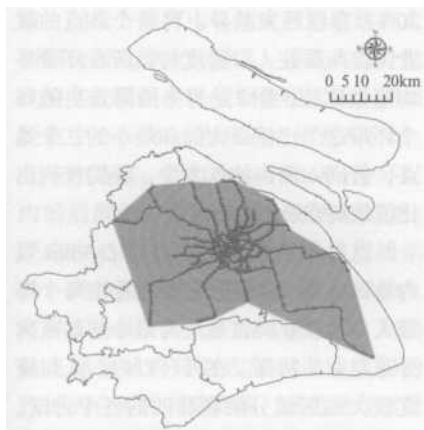


图 5 上海市轨道交通网络包络范围

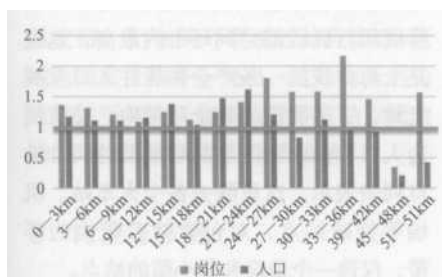


图 6 站点周边与站点区域外居住人口与就业岗位密度比

从图 4 可以看到密度随距离的密度变化梯度变化与研究范围关系，我们可以看到不论是否在站点周边，就业岗位密度的衰减在 15km 范围内变化明显，进一步计算可以发现越靠近城市中心，密度变化梯度越大，呈现出明显的向心性特征。这主要是在城市中心地区有大量的第三产业的就业岗位，办公、服务和商业等第三产业经济活动依然有明显的向心聚集的特点。

如果不单独考虑轨道交通的影响，在大多数新城地区的 36km 范围与市域 54km 范围内，由于第二产业岗位分布影响的作用，岗位的向心聚集就不明显，体现在将研究扩大到这两个范围后就业岗位密度变化梯度变化很小。

与就业岗位密度变化相比，居住人口密度变化在三个研究范围内并不明显。在距中心 15km 的范围内人口密度的变化反而更加均匀，这体现了我们在居住区建设的密度控制方面的效果。但是在中心城区人口密度变化与就业岗位密度变化的巨大差距又会导致人们的长距离通勤。而就业岗位密度难以控制的原因是办公楼内的就业岗位的密度不像住房那样容易控制，尤其是私人企业。

1.3 市域轨道交通网络包络范围的密度分布研究

上述研究对比轨道交通站点周边的参照范围是上海市域，但轨道交通的影响范围实际上仅限轨道网络覆盖到的区域，因此我们沿上海市轨道交通网外缘站点 500m 缓冲区外边界做切线绘制上海市轨道交通网络包络范围进行分析。包络范围如图 5 所示。

在距城市中心 54km 半径的陆域范围内居住人口密度约 $3722 \text{ 人} / \text{km}^2$ ，就业岗位密度为 $2050 \text{ 人} / \text{km}^2$ ，而轨道交通终点包络范围内居住人口密度约 $7422 \text{ 人} / \text{km}^2$ ，就业岗位密度约 $3948 \text{ 人} / \text{km}^2$ 。轨道交通网包络范围人口密度约为市域 54km 范围人口密度的 1.99

倍，而轨道交通网包络范围就业岗位密度约为市域 54km 范围就业岗位密度的 1.93 倍。

更进一步研究轨道交通站点周边 500m 范围内，所有站点周边的平均居住人口密度为 15956 人 / km²，平均就业岗位密度为 8960 人/km。站点周边地区的居住人口密度又约为轨道交通网包络范围内居住人口密度的 2.1 倍，而轨道交通站周边就业岗位密度则是包络范围内密度的 2.2 倍左右，总体而言呈现出所希望的轨道网络与城市空间布局协调的状况。轨道交通网包络范围相对市域，站点周边相对轨道交通网包络范围的人口和就业岗位的分均呈现出隆脊的现象，有利于经济发展要素的聚集，轨道交通也有利于某些要素的流动。我们也需要对每个环带进行详细研究，了解不同站点的差异性。

1.4 轨道站点周边与非周边区域人口与就业岗位密度

在包络线范围内，同样以 3km 的间隔作同心圆，并分为站点周边地区与非周边地区进行分析比较。这里的“非周边”指位于包络区域内每 3km 环带内所有轨道交通站点周边 500m 以外的区域。比较每个环带内非站点区域密度与所有站点周边 500m 区域的就业岗位和居住人口平均密度。统计结果如图 6 所示。

从结果可以看出，在距市中心（人民广场）0-27km 以内，轨道交通站周边的人口密度比该区间远离轨道交通区域密度高，在距离市中心点 15km 左右时高出 37%左右，而到距离市中心点 24km 左右时，轨道交通周边密度比周边要高 60%。而超过这个距离后，人口逐渐不再围绕轨道交通集中。在一些环带站点周边的人口密度反而低于非站点地区。轨道交通与空间布局应有的规律被打破，出现与 TOD 发展模式不一致的情况。

就业岗位状况略有不同，在大多数地区围绕轨道交通站点的密度都要高于非站点地区，但在各环带情况也有所不同。在距市中心 6km 范围内，轨道交通站周边 500m 范围内的就业岗位密度约比该区间其它地方的密度高 36%，随着与市中心距离增加，这个比例下降，直到 12km 左右只比周边高不足 10%，随后开始回升，到 36km 的大多数站点末端时站点周边就业岗位甚至超过其它区域就业岗位 100%，但郊区的就业岗位密度本来就较低，大多是二产的就业岗位，与轨道交通的匹配度低。有些轨道站点周边会有较密集的餐饮和社区商业服务岗位，令其逐渐成为一个社区的服务中心点，从而出现了远郊区站点周边就业岗位集中的现象。

从以上分布可以看出，上海市中心城地区轨道交通建设基本还是以居民居住于近郊，就业岗位位于市中心内的框架建立的，这种布局有利于近郊居民到市中心采用轨道上班。但上海在城市中心也有很多居住人口，对轨道交通覆盖薄弱的地区，要加强多模式绿色交通体系建设。否则住在城市中心有较高收入群体也很容易转向采用小汽车出行。

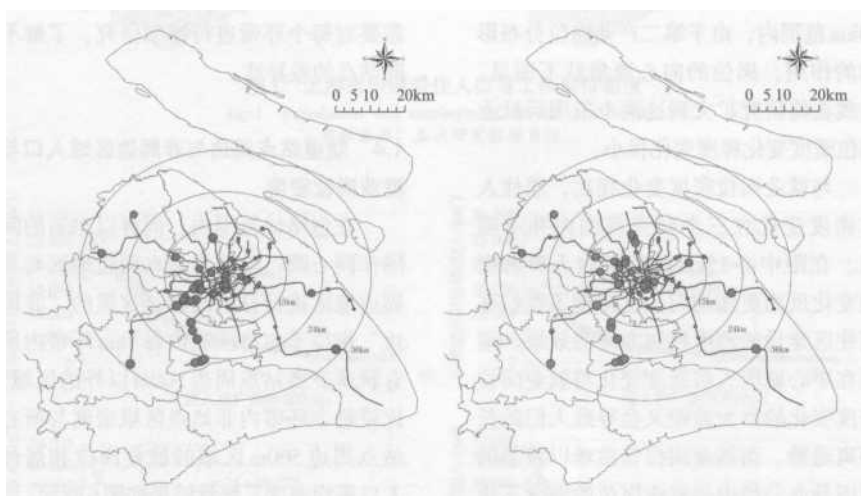


图 7 居住人口和工作岗位与同环带平均值差距最大与最小站点

表 1 与所在环带平均值差距最大与最小的站点

环带 (km)	平均人口 密度(人 / km ²)	平均岗位 密度(人 / km ²)	人口最大站点(%)		岗位最大站点(%)		人口最小站点(%)		岗位最小站点(%)	
3	24885	22010	老西门	252.0	黄陂南路	150.1	陆家嘴	25.8	国际客运中心	29.7
			新天地	229.4	新天地	149.4	静安寺	43.9	中兴路	50.5
6	23089	13714	新村路	199.2	马当路	242.5	中华艺术宫	13.4	中华艺术宫	10.4
			鲁班路	269.3	鲁班路	220.6	龙华中路	40.0	龙华中路	29.9
9	19620	9404	娄山关路	232.6	娄山关路	256.2	后滩	14.1	后滩	9.3
			大华三路	206.1	伊犁路	245.9	花木路	10.8	爱国路	22.8
12	15654	6704	共康路	207.6	漕河泾开发区	369.3	东方体育中心	10.4	东方体育中心	7.6
			通河新村	295.9	通河新村	248.2	复兴岛	10.6	新江湾城	11.8
15	11983	5282	桃浦新村	226.3	桃浦新村	208.6	华夏中路	15.2	五洲大道	19.4
			七宝	315.1	七宝	311.9	洲海路	23.4	洲海路	20.2
18	7525	3995	莘庄	207.0	莘庄	292.3	港城路	54.2	港城路	37.2
			春申路	251.8	银都路	207.6	申江路	38.7	申江路	69.0
21	6946	3346	颛桥	277.8	颛桥	261.2	周浦东	16.7	周浦东	23.2
			华夏东路	175.0	宝杨路	162.9	九亭	36.0	九亭	29.5
24	6960	3547	川沙路	227.9	川沙路	186.2	鹤沙航城	11.5	鹤沙航城	12.7
27	8609	4506	金平路	303.7	金平路	237.9	上海赛车场	13.0	远东大道	18.4
30	4187	3333	嘉定北	178.1	嘉定北	161.0	洞泾	50.3	洞泾	36.9
33	7844	3774.6	兆丰路	186.1	兆丰路	202.2	海天三路	5.5	海天三路	11.5
36	7770	4675.2	惠南	259.0	惠南	269.0	松江南站	36.0	松江南站	43.2

资料来源：本次研究数据自制

在远郊区域，居住人口不再紧邻轨道交通站点分布，这与在郊区线路规划中人们希望通过轨道交通引导发展而预留空间，或为了避免动迁的麻烦绕开人口密集的地区有关。这样虽然能快速增加轨道交通的里程，但与轨道交通建设实现 TOD 发展的初衷已经相去甚远。

1.5 同一环带内轨道站点周边居住人口与就业岗位密度的差异性

以上我们仅研究了每个环带内的平均值，同一个环带内不同站点的居住人口与就业岗位也有很大的差异，特别是距市中心 9km 以内，居住人口或就业岗位密度最高的站点能达到平均值的 2-3 倍左右，而最低的只有平均值的 10%-20%，存在巨大差异。将每个站点的就业岗位与居住人口密度与其所在环带平均值做比较，图 7 是每个圈筛选出的每个环带这个比值最大的和最小的二个站点，若同一圈内站点太少，我们仅列出比值最高或最小的站点。

这里我们仅研究距市中心 36km 以内地区，图 7 能较为直观地看出每个环带人口与就业岗位最大与最小的站点的分布与空间特征。在外环以内，人口密度较大的区域分散在浦西的各个方向，浦东有许多站点地区人口密度相对较低。而就业岗位比值高的站点多集中在东西向这个上海传统的发展走廊内。在郊区，无论就业岗位还是居住人口，5 号线闵行区段都是同环带内最高，这也是上海传统的一条产业和居住人口发展走廊。下面我们将每个环带内，站点周边人口和岗位密度最高和最低的两个站点列表表示，这里除去各个火车站、机场等特殊站点，对包含站点较少的环带，仅选一个最高和最小值的站点。

位于 0-3km 市中心区域的老西门站、新天地站一带是居住人口集中区域，并延伸到 3-6km 的鲁班路站一带，而同样范围内黄陂南路站、人民广场站一带则是就业岗位集中区域，并延伸至 3-6km 的马当路站、鲁班路站一带。轨道交通陆家嘴站是居住人口最小区域之一，但与一般认知规律相反，陆家嘴站周边 500m 范围内的就业岗位密度并不突出，这是由于站点周边几个就业岗位极为集中的建筑恰好位于站点 500m 以外，如距上海中心 730m，距环球金融中心为 910m，使之未能成为该环带内岗位密度最大站点之一，可见在规划中并未把陆家嘴地区的轨道站点与地区开发协调作为一个重要的设计要素来考虑。在 9-15km 的环带内站点周边人口和就业岗位密度最大的站点主要集中于上海市西侧，如娄山关路站、漕河泾开发区站、七宝站等，其中居住人口最大站点集中在镇坪路站到真如站一线，工作岗位最大站点主要集中在延安西路站到七宝站一线。

周边工作岗位与居住人口密度均低的站点中有部分是由于城市功能规划导致，如东方体育中心站这种周边建有大量公园或绿地的情况，但也有部分站点确实比同距离区域聚集程度低，例如距市中心 0-6km 内环的中华艺术宫站、龙华中路站；距市中心 6-15km 外环以内的后滩站、复兴岛站、江湾新城站；距市中心 15-24km 外环边缘的周浦东站、鹤沙航城站；再到 36km 远郊的上海赛车场站、海天三路站等站点，这些站点涵盖从内环到远郊，也许它们的选址的合理性有待商榷，或是站点建设与周边的发展协调程度有待提高。值得注意的是上海的部分中心，次中心地区，如陆家嘴站、五角场站、徐家汇站等，虽然在宏观尺度上来看都有轨道交通支持，但在同环带里的站点 500m 范围内的密度值并不突出，这是由于周边道路过于宽大，建筑后退导致站点周边 500m 范围内的岗位密度被稀释。

2 讨论与总结

经过对上海市家庭和就业岗位在轨道交通站点周边与市域的分布特征研究，得到了若干结论与发现：

2.1 轨道有利于居住人口与就业岗位在空间分布的灵活调节

从整体上讲，上海市人口与岗位重心均位于传统认识中的市中心，即人民广场站的西南方，而工作岗位重心比人口重心更偏向西南方。在市域范围内，工作岗位分布比居住人口有更明显的向心性，越靠近市中心越明显，而居住人口的分布相对更为平缓。在轨道交通服务范围内，居住人口与就业岗位密度在轨道交通站点周边的分布曲线相比整个市域更为平缓，表明轨道交通系统确实可以让城市更为扁平化，这也说明二者之间存在耦合关联。在距城市及中心 15km 的范围内，随着离开城市中心距离的增加，就业岗位密度的衰减明显。轨道交通的建设有利于在城市发展中，人口与就业岗位在空间分布方面的调节。但与国际大都市相比生产性服务类经济活动的向心聚集度还较低。

2.2 轨道服务覆盖地区的隆脊现象明显，但远郊区轨道建设并不符合 TOD 的原则

轨道网服务范围内的居住人口与就业岗位密度是同距离市域范围的近 2 倍，而站点周边平均密度是市域范围的近 4 倍，表明轨道服务对居住人口与就业岗位的集中作用明显，从市中心到近郊，轨道站点附近的人口与就业密度总是比周边其它区域高。对于居住人口，这种隆脊现象最明显的区域是外环附近到近郊区域，而对于工作岗位，最明显的区域是市中心。

但是在远郊区域，轨道交通与空间布局应有的规律被打破，虽然轨道交通站点周边就业岗位最多会比周边其它区域高一倍，但远郊区就业岗位密度基数较低，而站点周边居住人口则低于周边其它区域，出现与 TOD 发展模式不一致的情况，在轨道交通

发展向远郊区延伸时，客流强度本来就较低，规划应该避免这种现象发生。

2.3 轨道站点周边就业岗位与居住人口密度差异明显，站点建设与周边开发协调有待加强

我们可以用距市中心同一环带内，各站点周边地区密度与平均水平的比较来评价站点与周边地区建设的协调情况。研究发现从市中心到远郊都存在一些站点缺少足够的居住人口或就业岗位的情况，站点建设与周边开发协调有待加强。特别是在一些规划的城市中心地区，由于大马路，宽间距，深后退的建设模式，站点地区的密度被严重稀释化，这些地区应该在城市更新中从交通组织和空间设计上加以重点改进。在新建的城市中心地区应该加以避免。

上海新一轮总体规划对土地指标提出了严格的控制目标，如果这些薄弱的站点地区空间资源能够得到充分利用，上海轨道交通站点地区的人口和就业岗位还可以增加 20%以上。

本次研究将重点放在轨道交通与工作岗位和居住人口各自的空间关联，以及就业岗位和人口分布的差异，但对于就业岗位与人口的相互作用以及空间分离的影响并未深入探讨。

从许多方面看，轨道交通提供的长距离通勤能力都会加剧职住分离，似乎与职住平衡的追求相悖。但如果将不同职业区分研究，技术要求较高的专业技术类职业与政府部门管理和办事类职业，往往会集中在地价昂贵的少数区域，大部分这类岗位从业者无论有无轨道交通，均需要长距离通勤；而技术要求低的产业岗位依然可以按照职住平衡的需求与居住区混合安排。下一步研究可以从这个角度出发进行更进一步的考虑，凭借轨道交通的便捷性，将沿轨道交通较短距离内的区域统一进行职住平衡设计，从而使得区域规划更为灵活。

参考文献:

[1]BAUM-SNOW N, KAHN M E. The effects of urban rail transit expansions: evidence from sixteen cities from 1970 to 2000[C]. Brookings- Wharton Conference on Urban Affairs, 2005.

[2]BOTHE K, KALSOHANSEN H, WINTHER L. Spatial restructuring and uneven intra-urban employment growth in metro- and non-metro-served areas in Copenhagen [J].Journal of Transport Geography,2018, 70:21-30.

[3]CASTELLS M, HALL P. Technopoles of the world: the making of twenty-first-century industrial complexes [C]. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship,1994.

[4]CERVERO R, DAY J. Suburbanization and transit-oriented development in China [J]. Transport Polcy, 2008,15(5): 315-323.

[5]程鹏, 唐子来. 上海中心城区的职住空间匹配及其演化特征研究[J]. 城市规划学刊, 2017(3):62-69.

[6]CLARK C. Urban population densities [J].Journal of the Royal Statistical Society,1951,114(4): 490-496.

[7]GALELO A, RIBEIRO A, MARTINEZ L M. Measuring and evaluating the impacts of TOD measures-searching for evidence of TOD characteristics in Azambuja train line[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences,2014,111:899-908.

-
- [8]HENDERSON V J, VENABLES A J. The dynamics of city formation [J].Review of Economic Dynamics, 2009,12(2): 233-254.
- [9]ISRAEL E, COHEN-BLANKSHTAIN G. Testing the decentralization effects of rail systems: empirical findings from Israel[J].Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2010, 44(7): 523-536.
- [10]李道勇.大都市区多中心视角下轨道交通与新城的协调发展[D].天津大学博士学位论文, 2014.
- [11]刘泉.TOD 地区与次级区域的规划协调探讨[J].上海城市规划, 2019(2): 111-116.
- [12]刘贤腾.1980 年代以来上海城市人口空间分布及其演变[J].上海城市规划, 2016(5):80-85.
- [13]LOO B P Y, BRYSON J R, SONG M, et al. Risking multi-billion decisions on underground railways: land value capture, differential rent and financialization in London and Hong Kong [J].Tunnelling and Underground Space Technology, 2018, 81:403-412.
- [14]吕帝江, 李少英, 谭章智, 等.地铁站点多时间维度客流影响因素的精细建模——以广州市中心城区为例[J].地理与地理信息科学, 2019, 35(3):58-65.
- [15]MOGHADAM A S, SOLTANI A, PAROLINA B, et al. Analysing the space-time dynamics of urban structure change using employment density and distribution data[J]. Cities, 2018,81:203-213.
- [16]潘海啸, 卞硕尉.开发区转型对通勤距离和职住分离的影响和对策以上海市金桥出口加工区为例[J].上海城市规划, 2016(3):123-127.
- [17]潘海啸, 任春洋.轨道交通与城市公共活动中心体系的空间耦合关系——以上海市为例[J].城市规划学刊, 2005(4): 76-82.
- [18]潘海啸, 任春洋.轨道交通与城市中心体系的空间耦合[J].时代建筑, 2009(5): 19-21.
- [19]潘海啸, 钟宝华.轨道交通建设对房地产价格的影响——以上海市为案例[J].城市规划学刊, 2008(2):62-69.
- [20]SHARM R, NEWMAN P. Does urban rail increase land value in emerging cities? value uplift from Bangalore metro [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2018, 117: 70-86.
- [21]SHUTTLEWORTH I, POWER J, MCKINSTRY D. Examining 1991 travel-to-work patterns in the Belfast urban area as a context for urban employment policy [J]. Applied Geography, 2000, 20(2): 177-202.
- [22]宋代军, 杨贵庆.城市空间结构与就业岗位分布差异的定量描述以上海市青浦新城为例[J].城市规划学刊, 2015(5): 75-81.
- [23]孙斌栋, 石巍, 宁越敏.上海市多中心城市结构的实证检验与战略思考[J].城市规划学刊, 2010(1):58-63.

[24]涂婷. 多中心城市结构与通勤效率的关系研究[D]. 华东师范大学硕士学位论文, 2010.

[25]王春兰, 杨上广, 顾高翔, 等. 上海市人口分布变化——基于居村委数据的分析[J]. 中国人口科学, 2016(4):113 — 125, 128.

[26]WHITE MJ. Chapter 36 urban areas with decentralized employment: theory and empirical work [M]//Handbook of Regional and Urban Economics, 1999.

[27]闫文晓. 基于城市性质的上海城市重心变迁研究[C]//中国城市规划学会, 东莞市人民政府. 持续发展理性规划——2017中国城市规划年会论文集(11 城市总体规划), 2017.