

轨道交通视角下的城市密度协同研究

A Study on Urban Density Cooperation from the Perspective of Rail Transit

[刘芳] LIU Fang

作者单位

东南大学建筑学院(南京, 210096)

收稿日期

2018/05/11

摘要

以高密度区轨交运量与城市密度指标关联度为研究对象,通过梳理经济发展到空间聚集再到“聚”“散”争议后的密度值研究的理论线索,试图发掘轨道交通与城市密度的作用方式,并展望关联轨交运量与密度值域的函数模型探索,为未来城市设计中密度值的确定提供参考依据。

关键词

经济聚集;城市密度;轨道交通;值域探索

ABSTRACT

Studying the relation between the capacity of high-density rail transit and urban density index, the paper tries to discover the functioning relation between rail transit and urban density by analyzing the density values during economic development, spatial aggregation and dispersion, and proposes the function model of the associated rail transit volume and density value range, providing references for urban design, density specifically in the future.

KEY WORDS

economic aggregation; urban density; rail traffic; codomain exploration

城市密度是以城市人口密度为基础的城市化密集程度,是衡量地区经济水平的重要指标。物理层面的城市密度是城市经济、人口、环境以及生活质量的物质体现,多指城市区域中建筑物的密集程度。现代城市密度探讨多以建筑容积率、建筑覆盖率、开放空间率和平均建筑层数这4个指标为描述城市环境的量化概念^[1]。

指标控制是城市设计手段体现,然而“香港的中环……美国的芝加哥中心城区并非经过大量的城市设计而建成,但是这些城市的城市形态和形象却体现出逻辑、秩序、统一与和谐。”^[2]城市形态受到纯自发(客观性)与纯规划(主观性)的共同作用,是城市结构各要素间作用方式的体现^[3]。

那么城市形态的“逻辑、秩序、统一、和谐”应是符合城市自发性经过适当设计的,即城市经济、人口、职住等空间的合理布局,这种布局还应符合城市资源利用与城市集约化建造的要求。因此,城市密度协同其他城市资源进行优化配置是城市设计必要的前置性工作。下文尝试梳理基于交通层面关联城市密度研究理论的大致脉络,为轨道交通关联城市密度的协同研究提供讨论平台,希望对后期量化控制工作建立初步基础。

1 从经济聚集到城市密度争议

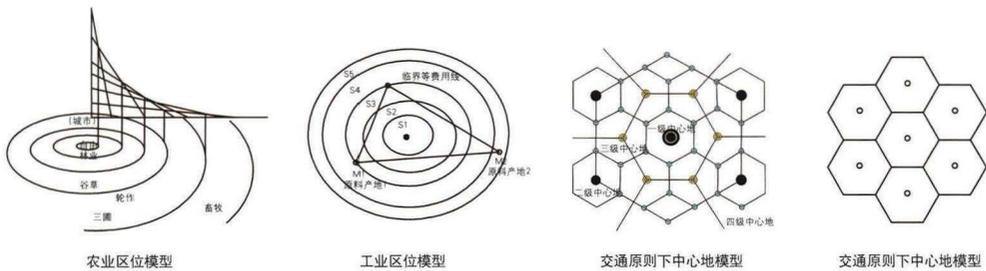
1.1 城市聚集的内在动力

经济要素在空间上集聚形成的聚落是城市的初级形态,劳动分工的深化以及报酬的递增产生了规模经济效应,同时吸引非农人口集聚,导致城市规模不断扩大^[4],城市发展是经济聚集在空间上的反映。从“城市聚集决定市场范围”观点的提出,到规模经济的作用机制,进而发展出一系列以经济聚集为出发点的土地分区理论(图1),揭示了城市聚集的内在动因是工商业聚集,城市中心的影响力随距离递增而衰减,交通线路促进了产业聚集的现象,并分异出城市贫富区^{1)[5-10]}。

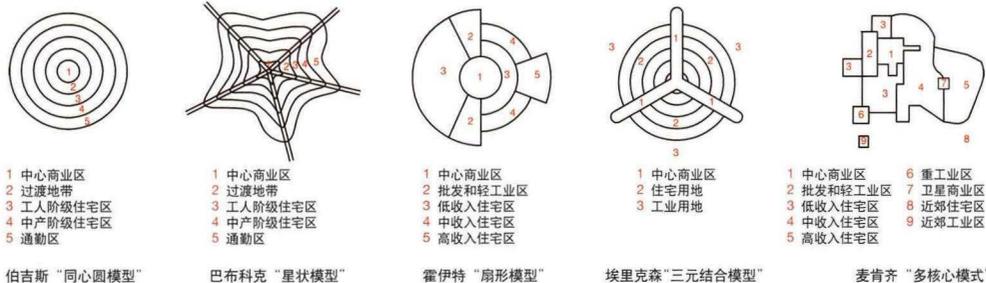
现代经济地理学派不断强化演示城市受经济市场自由机制的影响,通过数学演绎到实地数据测验,验证了经济活动在空间聚集的必然性^{2)[11-13]}。这一结论在我国经济与城市规模效应的研究方面同样得到验证^[14]。

1.2 城市聚集的空间探索

经济活动自发性聚集促成城市形成、规模扩张、城市分区及密度增长,但城市结构形态的形成不可能只依靠纯自发的经济活动,带有主观意识的城市土地利用和空间规划试图介入城市建设。1920年代



1 经济区位论模型



2 美国城市空间理论城市模型

之后，以美国城市空间结构理论为代表的土地利用探索是城市结构形态研究的先驱。城市空间结构理论生成了基于单中心城市圈层结构的组织模型，随后发展出多核心集合城市结构，在城市核心等级划分及核心辐射区间的建设密度探讨上具有创新性^{3) [15]}。且这一时期的空间模型探索(图2)，在20世纪中叶被美国广泛运用到旧城改造及城市中心复兴的实践中。

1.3 密度生成的“聚”“散”争议

“聚集产生效益”对城市土地利用、空间分区探索产生了深刻影响。然而提倡城市聚集和增加密度的过程并非一帆风顺，“聚集不经济”的争论层出不穷。“田园城市”“广表城市”是反城市化进程的代表，分散低密度的文明形式，创造出松散的城市结构，对城市公共交通的发展造成巨大阻力。“带形城市”“连续功能分区”尝试在城市化与自然之间寻求平衡点。“工业城市”对城市功能要素进行了明确的方位、形式、尺度的规定，对现代工业城市发展产生了极大的影响，但现代城市的拥挤程度大大超出了戛涅(Tony Garnier)容纳3.5万人的城市规模设想。勒·柯布西耶倡导增加城市密度，承认大城市的危机并试图用先进的工程技术改善城市环境。“光辉城市”的集中主义手法，在以香港、新加坡、日本为代表的，典型人多地稀地区得到了较好地施展。“有机疏散”是

“聚”“散”之间的折中主义，但从本质上沙里宁反对城市聚集，反对城市密度增长。

“总是有些城市要么继续忍受现状，要么通过变革发展经济，未来的城市必将出现某些变化，这些城市不会比现在的城市小，也不会更加简单，它们会变得更加复杂，规模也会更大。”^[16]《雅典宪章》忽略了“光辉城市”所蕴含的功能复合的内涵，强调城市空间的单一性、匀质性，造成城市交通负担过大且限制了城市活力增长，其本质是重蹈了“分散主义”的覆辙。历经美国城市中心衰落后，简·雅各布斯(Jane Jacobs)呼吁对城市复杂性的正视，这一方针成为美国1950年代城市复兴运动的衡量准则。此后《马丘比丘宪章》对《雅典宪章》修正，同时更加强调城市交通系统的重要性及适应性。

2 城市密度与城市交通的循环作用

2.1 城市密度与公共交通的协同需求

1990年代以来，我国提出“严格控制大城市规模”的发展方针，但仅10年，北京、上海等一线城市的人口增长就超过了40%，且持续态势显著。中国城市的实证研究显示，大量城市因没有达到“最优规模”而造成规模效率的损失^{4) [17-18]}。规模扩大要求城市提供相应的建筑空间以及满足物资交换的交通设施。空间经济范畴较早论证了城市公共

交通与城市空间密度存在明显正反馈循环^{5) [19-20]}；交通设施完善的城市区域具有较高可达性，具备吸引更多经济活动的的能力，而经济活动的聚集对交通产生新的需求，促进交通设施建设水平的提高。

公共交通组织体现出城市隐性结构特征，并成为城市显性结构的重要组成要素^[3]。精明增长理念中的“TOD”(公共交通导向)模式是依托公共交通尤其是轨道交通引导城市开发的代表性模式。TOD模式强调高密度、立体化、功能混合的空间利用，且最大限度地实现城市生态还原、扼制城市蔓延，修正了传统机械美学式的城市设计方式。

2.2 城市密度与交通一体化的模糊性

1993年彼得·卡尔索普(Peter Calthorpe)提出TOD理念^[21]，历经20多年，TOD模式提出相应的城市设计原则，但缺乏定量的值域探讨。基于交通量的城市空间密度量化研究以“劳瑞重力模型”为开端^{6) [22]}，但交通系统与城市空间强度之间的正循环作用具有动态性及复杂性，且受到社会经济体制和经济发展阶段的影响，因此在后续的量化研究中呈现出明显的不足之处：

1) 土地利用强度机制难以与交通规划建立明确的联系；2) 城市开发密度中的交通作用描述力度不够，缺乏交通系统对开发密度能动的反作用的描述；3) 综合性、动态连续性的研究不足^[23]。针对中国城市的交通、城市一体化的量化研究专著尚未出现，在试探性的研究中，多数是倾向于土地价格方面的计量，且计量基础多建立在西方交通成本模型(TCM)和特征价格模型(HPM)之下，是否适用于国内城市尚有待考证。此外，多数交通视角下的探索缺乏基础的规划、建筑知识，导致结论指标不清晰甚至因设置不当而缺乏实践意义。

规划建筑行业一般采用“容积率”作为土地开发强度和城市密度的衡量指标，其基本公式为： $\eta = S'/S = N \cdot R_H / S$ (S' 为区域内总建筑面积， S 为区域土地面积， N 为常住人口数量， R_H 为人均拥有建筑面积)。一般 $\eta = S'/S$ 为建成评价指标， $\eta = N \cdot R_H / S$ 为预测指标，由于常住人口的动态性和统计难度，以及人均建筑面积缺少必要的标准

规范(常用的人均建筑面积多为国家统计局发布的建成后只针对居住面积的统计数字),因此容积率强度的预判公式实践度较低,预测能力较弱。

3 城市交通视角下的城市密度探索

3.1 城市密度的模糊探索

城市密度激增是城市化的必然结果,“在中国,像深圳这样的地方,人口可以在15年内从零增长到300万,发展成为一个霍华德绝对想不到的全新的城市”^[24]。

库哈斯(Rem Koolhaas)试图通过纽约寻找一种现代城市的建筑原型,提取出来的“垂直生长”和“功能杂交”,对而后高密度建筑手法探索产生了巨大影响^[25]。日本学者用该

谐的视角呈现出东京高密度条件下自发形成的不同建筑类型自组织现象,并反映出对效益最大化的“功能杂交”的认同^[26]。张为平通过7个逻辑松散的断面式文本展现出香港“超密度”现实下的建筑现象,抽取出设计和意识建构手法^[27]。董春方系统地对未来高密度特征下的建筑理论及实践案例进行梳理,并提出6大设计策略^[28]。在建筑学范畴中的密度探讨,城市交通似乎并未被直接提及,但从建筑适应城市密度的策略方法中不难找到结合交通,尤其是轨道的空间利用模式。

规划学科的密度探索少了飘逸的场景叙事性,更加关注于形态、策略和城市间比较借鉴的讨论。香港作为轨道交通发达的高密度城市案例,先后被费移山、王建国、缪朴

等从不同的角度进行分析研究,抽取出发符合城市密度特征的城市形态模式、空间设计策略等,并逐步向城市量化角度发展^[29-32]。交通引导城市发展的模式被学术界进行广泛探讨的同时,引起了城市规划建设部门的重视。深圳市城市交通规划设计研究中心就深圳交通引导城市发展模式的管理与实践进行了总结,形成以深圳法定图则为核心控制文件的城市引导方法^[33]。广州市交通规划研究院探讨TOD模式在中国的实践效果,总结了TOD模式引导城市发展中存在的问题,并分析原因^[34]。

基于公共交通引导下城市密度层面的研究,无论是规划还是建筑学科,采用的主要研究方法是分析成功案例抽取应用策略,但在近十年的实践探索中似乎这些应用策略的收效并不十分显著,研究成果与城市实践之间出现断层。

3.2 城市交通视角下的密度值域研究

广州市交通规划研究院指出,开发强度、用地构成、人口密度、出行结构是造成模式与建设脱节的关键原因。以容积率为指标的开发强度显示,公共交通中轨交站域容积率与其他区域强度趋同,绝对值严重低于东京、香港等国际先进城市。用地构成上,较之彼得·卡尔索普(Peter Calthorpe)提出的用地配比⁷⁾,广州轨交站域内商业办公用地比例偏低,人口密度亦有待提升。根据对深圳密度1区内45个轨交站点调研显示,深圳市大体情况与广州趋同。高密度区内站域平均净容积率仅为2.42,商办用地平均比例为28.9%。

设计策略应该在相应的强度规模中找作用点。交通规划学科对轨交站域的量化探索领先于规划学科,但在纷繁的研究中,对站点的分类方式很多,研究角度不同,对容积率控制的结论数值及量化单位各不相同,城市适用度及参考价值有待考证(表1)^[35-40]。

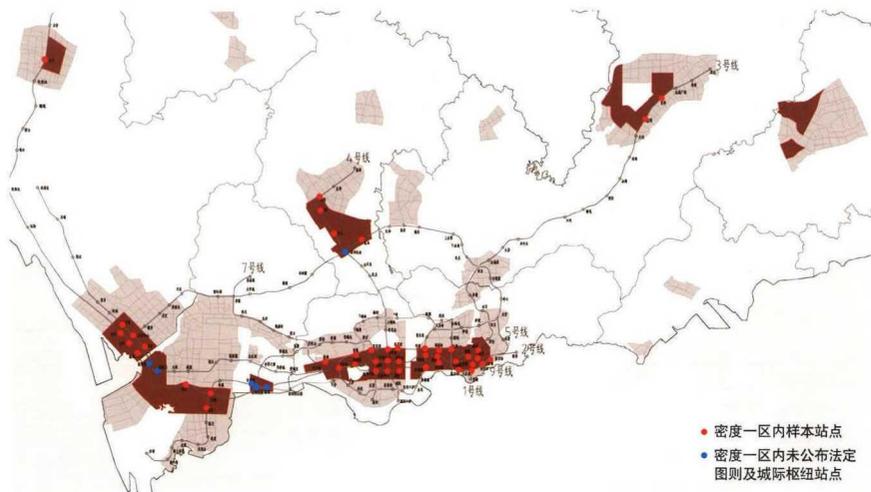
深圳市轨交站域密度研究线索较为连贯(表2)^[41-43],且与城市轨道交通开发时序并进,但实际实践效果并不理想——深圳轨道1号线、2号线设计客流量较实际运行值普遍偏大,深圳轨道3号线、5号线设计值普遍偏小^[44],造成了城市交通资源浪费。

表1 轨交站域容积率值域研究结论汇总

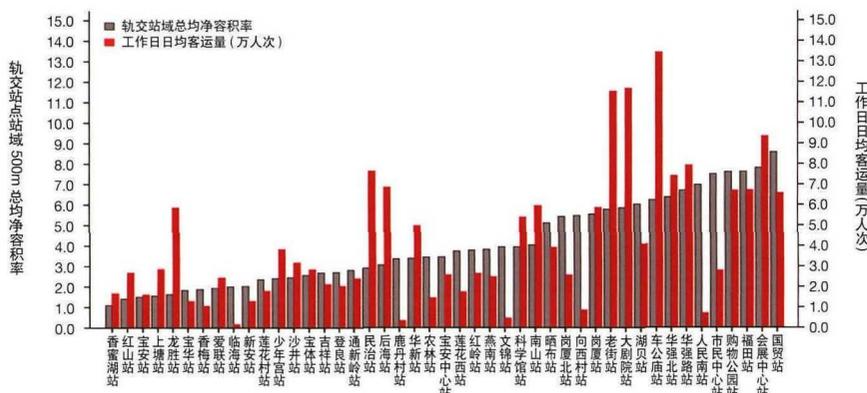
学者	目标地区	时间	量化单位	研究结论
苏珊·E·布罗迪(Suan E. Brodie)	美国城市	1996	居住单元	60个居住单元/4000m ²
罗伯特·塞弗	美国城市	1997	商业用地增长率	站点周边商业用地面积增长23%,400m范围内增长超过120%
边经卫	中国城市	2009	区域平均毛容积率	200m范围内容积率应>2.5; 200~500m之间容积率1~2.5; 500~1000m容积率<1
倪吉栋	中国城市	2010	地块净容积率	300m容积率4~6; 300~700m容积率2.5~4; 700~1000m容积率1.6~2.5
南京交通规划研究所有限公司、阿特斯顾问有限公司	南京	2014	地块净容积率	200m内混合容积率>4; 200~400m混合容积率>3.5; 400~800m以外居住容积率>1.5,其他类型建筑容积率>2
张志恒、徐菊芬	南京2号线沿线	2014	地块净容积率	一级中心站点:商业服务类型容积率4.53~5.33; 二级中心站点:居住型2.52~4.53,混合型2.24~2.52; 三级中心站点:公共型2.05~3.2,交通型、产业型2.05~2.14,生态景观型2.05~3.06
庄宇、袁铭	上海中心区	2017	区域平均毛容积率	日均客流量<5万人,500m范围容积率1.5~2.0; 5~10万人,500m容积率2.0~2.5; 10万人以上,500m容积率2.5~3.0

表2 深圳市轨交站域容积率值域研究结论汇总

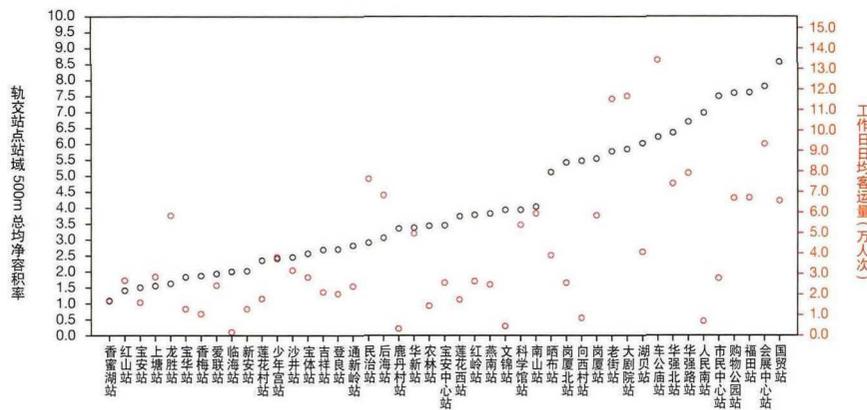
学者	目标区域	时间	量化单位	研究结论
刘冰冰、杨晓春、李云	深圳1号线地铁站500m范围	2007(深圳轨道一期工程)	地块平均净容积率	规划许可地块的平均容积率自1999年的5.9逐年递减,至2006年平均容积率为3.3;市民承受上限为5,覆盖率上限为35%
陈卫国	深圳二期工程部分站点500m范围	2006(深圳轨道二期工程)	区域平均毛容积率	500m范围内: 商办型站点平均容积率应为2.99左右; 居住型站点平均容积率应为3.06左右; 城市一级中心区站点容积率为10左右; 二级中心区站点容积率为8左右; 三级中心区站点容积率为5~8
王京元、郑贤、莫一魁	深圳3号线站点1000m范围	2011(深圳轨道三期工程)	地块净容积率	300m以内适容积率宜为7.48~8.8; 300~600m宜为6.16~7.26; 600~1000m宜为5.06~5.94



3 深圳市密度一区样本站点选取



4 样本站点站域总均净容积率及工作日日均客运量统计



5 样本站域容积率与轨交运量散点趋势

4 轨道交通视角下的城市密度研究展望

轨道交通协同城市密度是城市系统间运转效率的具体体现,亦是TOD模式作用于城市规划建设的具体量化。协同城市轨交运量的城市密度值、建筑类型配比的确定,为规划设计策略提供作用平台。但各城市间建设条件不同、经济发展进程不同、产业结构不同、人口基数不同、轨道交通建设时序不

同,因此轨道交通与城市密度间的协同具有非常严格的区域壁垒。城市轨交运量首当其冲受到轨交路网的影响,轨道交通与城市密度的协同还具有严格的时间性,轨交运量以出行量为中间变量与城市密度的配合稳态随路网密度及辐射能力发生变化。

深圳是城市建设及轨交建设受历史因素影响较小的新型城市,同时是内地较早进行

表3 深圳高密度区轨交路网密度

时间	范围	长度 (km)	密度 (km/km ²)	涨幅倍数
2016 (目前)	全市范围密度一区	89234.29	1146.23	1
	原关内密度一区	48624.67	3699.10	1
2020	全市范围密度一区	114116.18	1465.85	1.28
	原关内密度一区	58159.16	4424.43	1.20
2022	全市范围密度一区	130605.41	1677.65	1.46
	原关内密度一区	61017.93	4641.91	1.25
2030	全市范围密度一区	163232.74	2096.76	1.83
	原关内密度一区	67018.03	5098.37	1.38

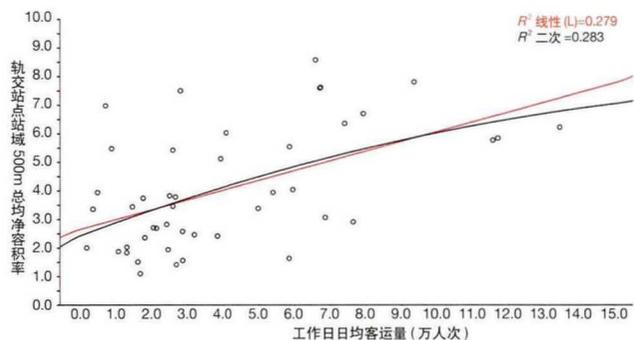
轨道交通建设的城市,城市形态、建设时序、城市密度发展与轨道交通建设时序相对吻合。提取深圳密度一区即《深圳市城市规划标准与准则》^[45]中规定的“高密度开发区”内45个已公布法定图则且非城际枢纽的轨交站点为样本(图3),以《深圳市城市规划标准与准则》规定的轨交站厅中心周边500m为调研范围提取城市建设数据。

深圳密度一区总面积约76.4km²,约占深圳城市总面积3.8%,占深圳建成区面积8.4%,密度一区内已运营轨交站点51个,约占总量约30%,基本呈现了轨交交通追随城市密度的特征。密度一区内轨交建设完成度较高,原关内区域轨交路网密度涨幅明显低于城市其他区域(表3)。以密度一区为样本探索轨交运量与城市密度间量化值稳定度较高,时效性较强。

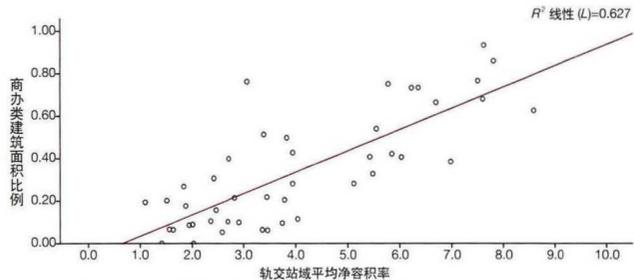
4.1 展望 I: 轨道交通运量与密度值关联

依据深圳市规划和国土资源委员会公布的法定图则及建成建筑编码查询统计轨交站域500m范围内平均净容积率。依据深圳市地铁集团运营部提供的2017年1月1日-7月31日期间共145个工作日各站点客运量数据统计站点工作日日均客运量(图4)。

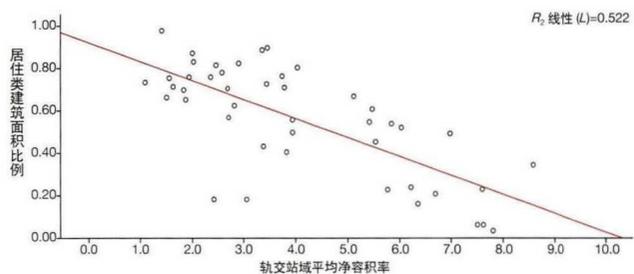
深圳密度一区轨交站域容积率与客运量散点图显示,轨道交通运量与站域容积率呈现正相关趋势(图5),且通过Spearman^[8]相关性分析二者相关系数为0.500,在0.01水平上(双侧)显著相关。将容积率与客运量数列进行散点拟合发现二者线性 R^2 为



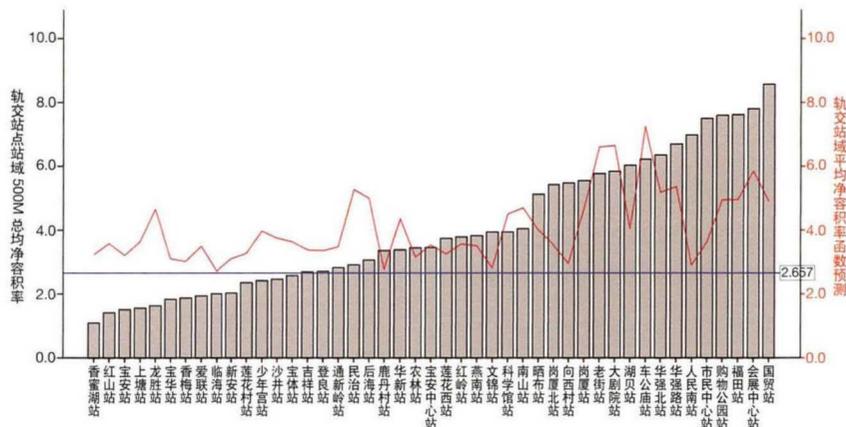
6 样本站域容积率与轨交运量散点拟合



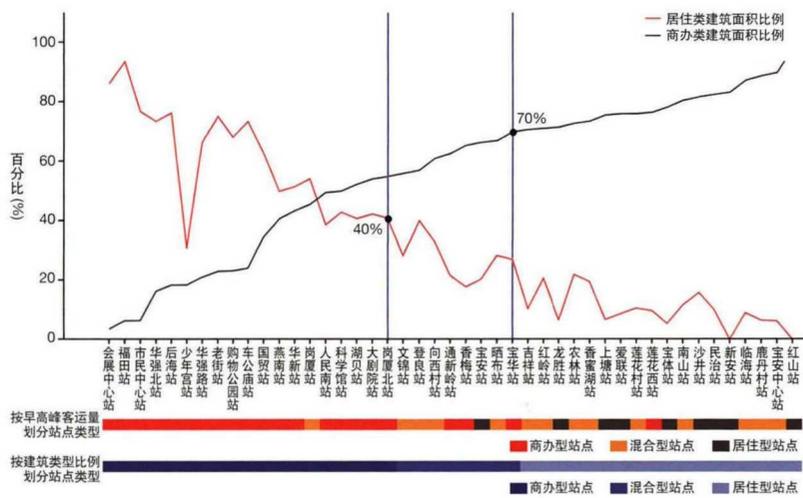
9 商办类建筑面积比例与轨交站域净容积率线性拟合



10 居住类建筑面积比例与轨交站域净容积率线性拟合



7 样本站域容积率预测误差比较



8 建筑比例划分点及分类对应

0.279, 二次抛物线 F^2 为 0.283(图 6), 即站域容积率与站点客流量正相关联且线性关联度为 27.9%。线性关联度与二次关联度数值接近, 意味着可以通过建立较简单的线性函数 $f(x)=a+bx$ 进行客流量与站域净容积率之间的推导。

通过回归分析得出 $Y=2.657+0.342X$, 其中 Y 表示站域平均净容积率, X 表示站点工作日日均客流量(万人次)。对模型进行残差正态性、方差齐性、异方差等检验, 函数具备统计合理性, 即站点客流量工作日每增加 1 万人次, 站域容积率增加 0.342, 反之亦然。

统计分析结果支持轨交运量与站域建设密度值的关联性, 以此方法对其他城市地区进行考察预计可得出相似结论。对深圳市密度一区回归模型 $Y=2.657+0.342X$ 进行准确度检验, 该函数预测精度仅为 53%, 绝对平均误差达到 1.46, 因此该模型仅验证了轨

交运量与站域容积率间的关联度, 由于误差过大尚不能进行实践指导。对误差考察发现, 模型常数项 a 的 Sig. 值为 0.000 具备统计学意义, 且当站域平均净容积率低于 2.657 时, 函数预测值普遍偏大(图 7)。因此推测, 当站域容积率过低时, 其与轨交运量的关联度无法被检测, 失去城市系统配合意义, 再次验证了轨道交通追随城市密度的特征。

4.2 展望 II: 轨道交通与密度值关联平台搭建

轨交运量关联站域容积率的一元一次线性模型准确度偏低缺乏实践指导意义, 规划建筑范畴的量化研究多数止步于此。交通规划范畴相关研究多参与经济指数、土地价格、POI 热点等城市隐性结构数据, 使得建立的数学模型从规划建筑角度难以理解和进行数据采集。因此需搭建合理的城市密度物理平台以保障城市设计量化控制的有效性。

表 4 站点分类依据原则

站点类型	站点分类依据: 客流量特征	站点分类依据: 建筑类型比例特征
商办型站点	早高峰期间进站客流大于出站客流, 且差值达早高峰总客流量 30% 以上	商办建筑量占建筑总量 40% 以上
混合型站点	早高峰期间进站客流差值不足早高峰总客流量 30%	商办建筑量约占建筑总量 20%~40%, 居住建筑量约占 55%~70%
居住型站点	早高峰期间进站客流小于出站客流, 且差值达早高峰总客流量 30% 以上	居住建筑量占建筑总量 70% 以上

提高模型准确度的基本设想为保持线性函数关系增加自变量项, 即将 $f(x)=a+bx$ 转换为 $f(x)=a+bx_1+cx_2+dx_3\dots\dots$, 自变量的选取应尽量采用城市物理层面数据。研究发现, 保持 x_1 为站点工作日日均客流量, 增加自变量 x_2 ——当各站点站域相

互发生覆盖交叉时,覆盖交叉区内计容用地面积, X_3 ——站点类型,建立函数模型 $Y=0.809+0.294X_1+0.045X_2+1.632X_3$, 其中 Y 表示站域平均净容积率, X_1 表示站点工作日日均客流量(万人次), X_2 表示站域发生覆盖交叉时,覆盖交叉区内计容用地面积(万 m^2), X_3 表示站点类型(居住型站点:居住量占70%以上,商办类占10%以下时, X_3 取值0;其他情况 X_3 均取1)。模型经检验具备统计合理性,此时预测精度达到68.7%,预测平均误差为1.03。在后续研究中,具备统计条件的地区,将 X_2 替换为覆盖交叉区内计容建筑面积(万 m^2),重新建立容积率预测函数,其预测精度可达80%以上。

轨道交通与建筑密度(以容积率为考核标准)存在关联度,深圳市密度一区内关联度为28.9%,当加入城市物理层面其他自变量数据后,其函数模型可达较高精度,且相关数据来源于规划建筑范畴。因此,在轨道交通视角下可以建立相对精准的建筑密度预测函数,以复核和指导相应的城市建设量化控制。

4.3 展望 III: 轨道交通运量协同城市密度深入应用

城市控制指标的预测函数建立,可以对现行以定性为主的城市设计策略进行量化解读。但仅以容积率为具体的考核对象,并不能在城市建设中完全地发挥效能——单一容积率值脱离了具体站点类型或相应的建筑类型配比依然缺乏实践意义。

规划建筑范畴对站点进行划分多以主导建筑类型为依据,但由于缺乏统一的标准,在众多研究中常混入交通学科的概念,比如一级站点,二级站点……或城市中心站点,片区中心站点……,模糊的划分方式造成了研究结论不清晰。

结合轨道交通运量特征,对深圳市密度一区内样本进行考察:将样本站点站域内建筑进行分类统计,11类已建成建筑类型划分为4大类——商办类建筑、居住类建筑、公共类建筑及工业类建筑。统计发现,商办

类建筑及居住类建筑为轨道交通域内主导建筑类型(均值占比80%以上),公共类建筑(均值约为10%)及工业类建筑(均值不足5%)占比较少,对站域建筑密度不产生主导影响。关联相应站点早高峰进出站客流量特征,以早高峰进出站客流量差值3成为划分点,与站域主导建筑比例(表4,图8)进行一一对应,两种模式下的划分偏差为28%,考虑建筑实际使用过程中的建筑用途转性及受个别站域建设完成度影响,实际对应精度应高于72%。因此判定轨道交通运量特征可反映站域建设特征,在实际运用中利用站域建筑类型比例可以对高峰期轨道交通运量特征进行估测,依据轨道交通运量规划亦可对站点类型及站域建筑比例特征进行预判。

在确定城市密度值的基础上,进行所属区域的建筑类型比例再研究:轨道交通域净容积率值与商办类建筑量占比以及居住类建筑量占比均呈现出显著相关性(图9、10)。由此推断,在站点类型控制下,轨道交通域主导建筑类型比例可与容积率值进行有效关联,并通过轨道交通运量直接预判相应建筑比例。

轨道交通与城市密度呈现的关联性是多维度的,挖掘二者的关联度不仅可以从建设强度上加以匹配预判,甚至可以深化至具体建筑类型配比,多维度的量化控制可有效实现城市土地空间资源的集约利用。

5 结语

轨道交通协同城市密度的量化研究,是提高城市系统效率的切入点,是实现可持续发展的有效途径。“高效”是本原设计理念的三要素之一^[46],确立城市系统效能间的作用量化是优化城市设计策略,合理预判未来城市密度的可靠手段之一。城市对经济效应的追求以及经济聚集的内在作用,产生了城市密度,城市密度作为城市运转的子系统,与城市交通产生了有效关联,从公共交通中轨道交通视角下探讨城市密度最终可走向量化层面。以深圳密度一区为样本的试探性研究中基本得出规划建筑范畴的纯物理层面量

化方法及初步结论:

1) 轨道交通与城市密度(容积率)之间存在显著相关性,且从量化角度证明了轨道交通追随城市密度,并对城市密度有下限值要求。

2) 基于二者间的相关度,加入其他城市数据可建立较高精度的预判公式,在同区域再建设过程中,可有效进行集约化建设指导。

3) 结合轨道交通运量特征可对城市轨道交通站点进行类型判定,且基本反映了站域主导建筑类型的比例关系,在深化研究中可实现密度值的比例分派。

模型量化并非传统规划建筑领域的擅长点,具体研究过程中涉及到城市地区间的差异,因此以深圳密度一区为样本的试探性研究仅为后续提供可参照类比的研究方法,其结论数值及公式并不适用于其他城市地区,在具体的操作运用中应注意量化结论的应用范围和边际效应。^[4]

注释

1) 1972年亚当·斯密(Adam Smith)分析市场范围提出“经济聚集决定市场范围”。1890年,阿尔弗雷德·马歇尔(Alfred Marshall)完善了规模经济的作用机制。城市经济聚集成城市规模影响城市土地分区;1826年,冯·杜能(Johann Heinrich von Thunen)提出农业区位论;1909年,阿尔弗雷德·韦伯(Alfred Weber)提出“工业区位论”;1933年,克里斯泰勒(Walter Christaller)受杜能和韦伯的影响,提出“中心地理论”。1940年,奥古斯特·勒施(August Losch)对“中心地理论”进行延伸提出“市场区位论”。

2) 1936年,埃德加·M·胡佛(Edgar M. Hoover)强调不同产出的企业之间在地域上的相互邻近带来聚集经济效应。1979年,杰拉尔德·卡利诺(Gerald A. Carlino)通过生产函数验证经济生产的聚集力,提出产业内的相对集中程度正相关城市化经济程度。1996年,安东尼奥·赛肯(Antonio Ciccone)和罗伯特·霍尔(Robert E. Hall),利用美国数据实证分析生产率与经济密度的关系模型。1990年代以后,以保罗·

克鲁格曼 (Paul Krugman) 为代表的新经济地理学派, 就经济活动的空间聚集和区域增长聚集动力进行了全面研究, 分析得出只要存在规模报酬递增和运输成本, 经济活动的自我演化必然在空间上产生聚集。

- 3) 1925 年, 芝加哥学派代表人物伯吉斯 (Evan W. Burgess) 对芝加哥城市土地利用和城市特点进行总结, 提出城市 5 圈层的“同心圆模型”。1932 年, 巴布科克 (Frederick Babcock) 在“同心圆模型”的基础上加入交通轴的辐射作用, 将“同心圆”修正为“星状环形”。1939 年, 霍默·霍伊特 (Homer Hoyt) 提出的“扇形模型”, 1954 年埃里克森 (E. G. Erickson) 提出的“三元结合理论”, 都是基于单中心“圆形”城市结构的折中修正。1933 年麦肯齐 (R. D. McKenzie) 提出, 1954 年哈里斯 (Chauncy D. Harris) 提出, 1954 年哈里斯 (Chauncy D. Harris)、乌尔曼 (Edward Louis Ullman) 加以发展的多核心模式更加符合现代城市的特征, 其本质是基于“同心圆”的模式下的多核心集合。
- 4) 1999 年, 对中国 600 多座城市聚集效应的研究显示中国城市的规模并非过大而是过小, 且大城市的经济绩效提升更为显著。2010 年, 实证显示 51% ~ 62% 的中国城市由于城市规模较小而造成规模效率损失。
- 5) 1961 年, 洛顿·温戈 (Lowdon Wingo) 建立了城市交通与土地利用关系的经济学模型, 并指出高密度的工作地与高效的交通设施相互协同的需求。1964 年, 威廉·阿朗索 (William Alonso) 深化了温戈的理论, 他建立的城市土地价值模型体现了高地价产生于通达性最高的高密度城市中心区。
- 6) 1964 年, 劳瑞 (I. S. Lowry) 研究匹兹堡地区经济时提出“劳瑞重力模型”, 其用途为描述预测城市物理结构的需求和发展, 辅助城市规划工作; 其次用于分析人的行为在城市空间的分布规律。而后在模型修正中增强了与城市交通的相关度。
- 7) 1992 年, 彼得·卡尔索普 (Peter Calthorpe) 为美国圣地亚哥市编制土地引导准则, 提出城市 TOD 站点周边用地合理结构比例: 居住用地 20%~60%, 核心用地 (商业办公) 30%~70%, 公共空间用地占 5%~15%。
- 8) 当两变量数列满足积差相关条件时一般采用 Pearson 相关性分析检验二者线性关系, 此处轨交运量与容积率数列均为非正态分布, 不完全满足积差相关条件, 故采用 Spearman 相关性分析。对于服从 Pearson 相关性的数列亦可采用 Spearman 法进行分析, 后者适用条件较为宽泛, 相应地统计效能低于前者, 即轨交运量与容积率存在相关性, Spearman 相关系数为 0.500, 若采用 Pearson 法进行分析, 将得到相同结论, 且 Pearson 相关系数更高。考虑数列不完全满足积差相关的条件, 因此采用 Spearman 分析法更为严谨, 且此处结论为研究的中间结论, 相关性系数的高低并不影响后续函数推导。

参考文献

- [1] PONT M Berghauer, HAUP P. Spacemate: the Spatial Logic of Urban Density[M]. Delft: Delft University Press, 2004.
- [2] 项秉仁. 同济大学建筑学硕士研究生设计研讨会 [G], 2007.

- [3] 孟建民. 城市中间结构形态研究 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2015: 34.
- [4] 于晓萍. 城市轨道交通系统与多中心大都市区协同发展研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2016: 17.
- [5] 亚当·斯密. 国民财富的性质和原因的研究 [M]. 郭大力, 等, 译. 北京: 商务出版社, 2002.
- [6] 阿尔弗雷德·马歇尔, 经济学原理 [M]. 廉运杰, 译. 北京: 华夏出版社, 2005.
- [7] 约翰·冯·杜能. 孤立国同农业和国民经济的关系 [M]. 吴衡康, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 1986.
- [8] 阿尔弗雷德·韦伯. 工业区位论 [M]. 李刚剑, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [9] 克里斯泰勒. 德国南部中心地原理 [M]. 常正文, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [10] 奥古斯特·勒施, 经济空间秩序 [M]. 王守礼, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [11] HOOVER Edgar M. Location Theory and the Shoe and Leather Industries[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1937:4.
- [12] CARLINO Gerald A. Increasing Returns to Scale in Metropolitan Manufacturing[J]. Journal of Regional Science, 2010(19):363-372.
- [13] CICCONE Antonio, HALL Robert E. Productivity and the Density of Economic Activity[J]. American Economic Review, 1996(86):54-70.
- [14] 苏红键, 魏后凯, 邓明. 城市集聚经济的多维性及其实证检验 [J]. 财贸经济, 2014(5): 115-126.
- [15] 边经卫. 大城市空间发展与轨道交通 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 16-18.
- [16] 简·雅各布斯. 城市经济 [M]. 北京: 中信出版社, 2007: 192.
- [17] 王小鲁, 夏小林. 优化城市规模, 推动经济增长 [J]. 经济研究, 1999(9):22-29.
- [18] AU C C, HENDERSON J V. Are Chinese Cities Too Small? [J]. Review of Economic Studies, 2010(73): 549-576.
- [19] WINGO Lowden. Transportation and Urban Land[M]. Washington D C: PFF Press, 1961.
- [20] 威廉·阿朗索. 区位和土地利用 [M]. 梁进社, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [21] 彼得·卡尔索普. 未来美国大都市——生态社区 美国梦 [M]. 郭亮, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [22] ASSOCIATES Calthorpe. City of San Diego Land Guidance System: Transit-Oriented Development Design Guidelines[S], 1992.
- [23] 毛蒋兴, 闫小培. 国外城市交通系统与土地利用互动关系研究 [J]. 城市规划, 2004(7): 67.
- [24] 肯尼斯·鲍威尔. 城市的演变——21 世纪之初的城市建筑 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 11.
- [25] 雷姆·库哈斯. 癫狂的纽约 [M]. 唐克扬, 译. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 2015.
- [26] KURODA Junzo, KAJIIMA Momoyo. Yoshiharu Tsukamoto. Made in Tokyo[M]. Tokyo: Kajima Institute Publishing Co, 2001.
- [27] 张为平, 隐形逻辑 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2009.
- [28] 董春方. 高密度建筑学 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

- [29] 费穆山, 王建国. 高密度城市形态与城市交通——以香港城市发展为例 [J]. 新建筑, 2004(10): 4-6.
- [30] 缪朴, 竺晓军. 高密度环境中的城市设计准则 [J]. 时代建筑, 2001(9): 22-25.
- [31] 缪朴. 在 高密度城市中创造公共空间——昆山金谷园多功能建筑群 [J]. 建筑学报, 2013(10): 22-25.
- [32] 殷子渊, 薛术理. 深港轨道交通站域空间紧凑度对比研究 [J]. 城市规划, 2016(3): 76-82.
- [33] 邵源, 田锋, 吕国林, 张晓春. 深圳市 TOD 规划管理与实践 [R/OL]. 深圳市城市交通规划设计研究中心, 2012. <http://www.sutpc.com/papershow.asp?id=392&Page=5>
- [34] 李楠云, 马小毅. 交通引导发展 (TOD) 模式在广州市的实践与探讨 [J]. 城市轨道交通研究, 2015(8): 26-30
- [35] BRODIE Suan E. Land Use and Urban Transport Planning[J]. Urban Planning Overseas, 1996(2): 2-10.
- [36] 边经卫. 城市轨道交通与城市空间形态模型选择 [J]. 城市轨道交通, 2009(9): 40-44.
- [37] 倪吉栋. 轨道交通站点综合开发模式探讨 [J]. 隧道建设, 2010(12): 656-659.
- [38] 南京市交通规划研究所有限责任公司, 阿特金斯顾问有限公司. 南京城市轨道交通发展战略与建设规划 [R/OL], 2014: 121. <https://wenku.baidu.com/view/bfa34342168884868762d6f3.html>
- [39] 张志恒, 徐菊芬. 轨道交通站点周边用地开发强度分类研究——以南京市地铁 2 号线为例 [J]. 住宅科技, 2014(10): 17-22.
- [40] 庄宇, 袁铭. 上海核心区轨道交通站域客流量对开发强度的影响分析 [J]. 建筑学报, 2017(2): 22-26.
- [41] 刘冰冰, 杨晓春, 李云. 深圳市密度分布实证研究方法再探 [C]. 中国城市规划年会论文集, 2007: 1963-1970.
- [42] 陈卫国. 地铁车站周边地块合理开发强度之初探——由深圳市轨道交通二期工程详细规划说起 [J]. 现代城市研究, 2006, 21(8): 44-50.
- [43] 王京元, 郑贤, 莫一魁. 轨道交通 TOD 开发密度分区构建及容积率确定——以深圳市轨道交通 3 号线为例 [J]. 城市规划, 2011(4): 30-35.
- [44] 谢明隆, 郭莉, 马亮. 深圳市城市轨道交通客流预测后评估 [C]. 中国城市轨道交通规划年会, 2016.
- [45] 深圳市规划和国土资源委员会. 深圳市城市规划标准与准则 [S]. 2014: 17.
- [46] 孟建民. 本原设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015: 19.

图表来源

图 1、2: 根据参考文献 [15] 第 13-22 页内容整理绘制
 图 3、表 3: 根据“深圳市建设用地区域密度分区指引图”及《深圳市轨道交通线网规划 (2016-2030)》复合绘制
 图 4: 根据深圳市规划和国土资源委员会公布数据统计绘制
 图 5: 根据深圳市地铁集团运营部提供数据统计绘制
 其余图表均为作者绘制