

轨道交通对土地价格的时、空间效应研究—以深圳市为例

摘要:城市规划与交通相关研究文献指出,城市轨道交通能够给站点和线路周边物业发展带来显著影响。对于不同时间范围、空间范围和利用类型的土地,这种影响具有明显差异,并影响站点和线路周边的土地利用方式。因此,研究轨道交通对不同时空范围和不同类型用地价格的影响,对于站点周边的土地利用规划和管制具有重要意义。在前人研究的基础上,分析轨道交通对土地价格的时、空间效应,力求建立更加切合实际的地价影响模型,为规划研究和实践提供借鉴。利用深圳市 1989-2013 年的土地交易数据(包括价格、位置、交易时间、用地类型等)和深圳市轨道交通线路和站点电子图等数据,采用 GIS 空间分析方法和数学回归模型,探讨轨道交通对土地价格的时间效应、空间效应,以及轨道交通对不同类型用地的影响差异。

关键词:轨道交通、土地价格、特征价格模型、时空效应、深圳市

1 引言

一直以来,城市交通对土地开发、土地价值和住房价格的影响机制是城市经济学、城市规划、土地利用和交通规划领域研究的热点议题。经典区位理论指出交通时间和交通成本互动关系对区位选择的重要影响。城市“单中心理论”模型进一步检验交通与土地利用的关系,总体来说,城市地租随着与城市中心距离的增加呈现递减的趋势^[1-3]。基于此,学者开展大量的研究来验证交通发展与土地利用、住房价格和空间结构的互馈关系,其中轨道交通发展对土地价格影响的时间、空间效应受到广泛关注。第一,在时间效应上,轨道交通规划、建设和运营的不同阶段对土地价格影响呈现差异^[4-6]。第二,在空间效应上,在一定空间范围内,随着与轨道交通站点距离的降低,对住房或土地价格的影响更显著,呈现价值的空间溢出,距离站点越远,轨道交通对价格的影响越弱^[7-10]。同时,有研究指出并非距离站点越近就呈现越强的溢出效应,由于越靠近站点地区的噪音或治安等负面影响,导致住房价格降低。

近年来,轨道交通在我国主要城市得到了快速发展,预计到 2020 年,将有近 50 个城市发展轨道交通,线路网络总规模超过 7000 km 左右¹。轨道交通的快速发展为研究其对土地价格的影响提供了实证平台。目前,国内在北京、上海、南京和深圳等发达地区关注了轨道交通对土地/住房价格的影响^[11-15],其中对北京市的研究成果较为丰富,但对深圳市轨道交通对站点周边和沿线地区土地价格的研究较少。由于快速城市化与市场化的区位特殊性,在深圳市开展轨道交通对土地价格影响的系统研究具有重要的意义。第一,深圳市土地利用市场化的快速发展。土地价格的形成机制不仅与土地利用的类型有关,也受到了社会经济发展水平、城市规模、国家政策法规等宏观因素以及包括区位(交通便捷度、与城市中心的距离等)和地块特征等微观因素的影响。随着我国土地制度市场化改革实施以来,城市土地利用与管理日益完善,市场导向的竞争机制对土地价格形成的影响更加明显。深圳市土地市场化程度较高,在一定程度上能降低政府因素管制对土地价格的影响。第二,深圳市轨道交通引导土地开发的空间战略。在经济快速增长、土地扩张、土地资源紧缺和小汽车依赖的发展背景下,交通拥堵与空间不均衡发展逐渐成为深圳市面临的重要问题。在公交导向发展(Transit-oriented Development, TOD)的城市空间策略下,深圳市早在 1999 年便开展轨道交通 1 期工程的建设,随后陆续进行 2 期和 3 期工程建设,以引导城市空间开发、满足公共交通需求和应对城市交通拥堵的挑战。城市轨道交通建设能满足公众的交通需求,降低交通时间和出行成本,并且能引导站点周边和线路沿线的土地开发,进而影响土地价值与土地交易价格。这能更好地从时间、空间的角度分析轨道交通影响土地价格的机制。此外,轨道交通具有建设成本、融资压力较大和难以盈利的特点,开展这方面的研究不仅能为轨道交通周边土地价格与开发强度的确定提供参考,也能辅助定量评估轨道交通的“溢价回收”(Value Capture)政策与财政效应的规模。

¹智能交通网. 2020 年轨道交通将覆盖全国主要大城市[OL/EB]. 2013-01-16.

<http://www.21its.com/Common/NewsDetail.aspx?ID=2013011611513306602>. 最后访问: 2014-05-28.

2 轨道交通与土地/住房价格研究回顾

2.1 影响土地/住房价格的区位要素

土地/住房价格受到一系列因素的影响,包括宏观因素和微观因素。现有文献总结了影响土地或住房价格的解释因素,包括区域可达性、密度、中心性、土地利用混合度、连接程度、道路设计、步行与自行车道、交通可达性、土地使用类型、交通服务质量和与交通站点距离等^[16,17]。例如,Ryan(1999)检验了距离交通站点的时间可达性和空间可达性对土地价值的影响^[18]。

2.2 轨道交通对土地/住房价格的时间效应

轨道交通的发展能增加站点或沿线周边可发展土地供应数量的增加,并通过市场竞争提升地块价格。然而,轨道交通对周边价格的影响会存在时间差异。在轨道交通规划、建设、运营和更新等不同发展阶段时,均能影响居民和企业进行区位选择,进而影响土地/住房价格。尤其在轨道交通规划颁布的阶段,考虑到交通成本的节约和潜在的增值效应,临近线路或站点的地区成为优先选择区位。例如,Grimes和Young对Auckland Western Line的研究发现,在该线路升级策略颁布后显著提升站点周边的住房价格^[5]。类似地,波特兰的MAX在公布轨道交通建设计划后,距站点1km范围内的地价增加30%-40%^[6]。在首尔的研究中,5号线开通前对住房价格有很大影响,而开通三年后这种影响则可以忽略^[4]。国内研究中,谷一桢和郑思齐(2010)指出北京地铁13号线对郊区住宅价格的影响大于城市中心区,但在开通2年后这种影响变得不显著^[13]。至于不同阶段对价格影响的机制上,目前有两种解释。第一,从长远的角度来看,轨道交通对土地价格的影响可能由于土地使用政策的滞后性(如土地利用区划的调整),导致轨道交通带来的溢价效应发生改变^[8,19]。另一方面,在轨道交通网络初步形成的背景下,当新的交通站点不能带来额外的可达程度的改善时,则边际效应就可以忽略^[20]。

2.3 轨道交通对土地/住房价格的空间效应

交通是影响经济生产与居民空间移动的重要服务设施。决定城市和居民区位选择的一个重要因素是交通成本、交通可达性与空间的权衡(Tradeoff)关系。在城市多种交通方式并存与竞争的发展下,轨道交通以节能、准时、运量大、无污染等特点成为应对交通拥堵、引导空间发展的重要交通方式。轨道交通所带来的溢出效应存在于一定的空间范围内,在不同的地方形成差异化的空间格局。Royal Institution of Chartered Surveyors对150份研究成果进行总结,一个重要的结论是与公共交通站点的临近度(Proximity)和土地/住房价格具有显著的正面效应,但影响程度则受到了其他独立变量的影响(如区划、政策和宏观经济等)^[21]。一些研究也证实了类似的结论^[7,8,18]。

国内北京、上海、南京的实证研究中,大部分研究都发现了轨道交通建设对住房价格的积极影响。例如,谷一桢和郑思齐(2010)基于北京地铁13号线的研究发现轨道交通对郊区住宅价格的影响大于城市中心区,并且在开通2年后这种影响变得不显著^[13]。冯长春等(2011)对北京地铁5号线的研究发现在2km的范围内,随着距轨道交通距离的增加,住房价格呈现指数衰减^[12]。张维阳等(2012)对北京地铁1号线的研究指出地铁站点对住房价格的影响范围从0.5km到1.0km不等,衰减比重为20%-35%^[22]。潘海啸和钟宝华(2008)年从邻里、建筑和区位分析上海房地产价格的影响因素,发现从中心区到外围地区站点对价格的影响范围逐渐扩大^[11]。尹爱青和唐焱(2008)对南京地铁1号线的研究验证了距轨道交通距离和住房价格增幅的反比关系,并且在地铁开通对住房价格的增幅更明显^[15]。

现有研究显示:第一,轨道交通对住房价格影响的研究方法日益成熟。随着数据获取的完整性和空间分析技术的成熟,从定量评估的角度更准确表征轨道交通对住房价格的关系。第二,轨道交通对住房价格的空间效应存在梯度特征,总体趋势是在一定范围内,距离站点越远,对价格影响的幅度越小,也更不显著。第三,轨道交通对住房价格影响的时间效应尚未形成定论。关于轨道交通发展在哪个阶段会对住房价格形成影响,及其幅度与特征仍需开展进一步的研究进行验证。同时需要指出的是,现有国内的研究多集中于对住

房价格的影响,而对土地价格影响的研究较少。尽管土地价格和住房价格具有紧密的关系,但是两者的形成机制却不完全一样,住房价格受“供求”关系的影响,而“招拍挂”制度下的土地出让模式受到更多的制度约束和市场限制。因此,基于快速市场化的深圳开展轨道交通对土地价格影响关系的研究能形成对现有研究的补充,同时对土地价格、开发强度的确定以及政府财政效应的评估具有积极意义。

3 深圳市轨道交通的规划与建设

深圳市位于广东省南部沿海地区,是珠三角的核心城市之一,辖区总面积 1952.84km²。截至 2010 年,深圳市城市总人口为 1446.55 万人,地区生产总值为 9510.91 亿元,位于全国城市第 4 位。深圳市形成“带状”的增长格局,随着深圳市人口、经济的持续增长和空间移动说带来的交通需求的不断增加,轨道交通成为应对持续交通需求增长、引导土地开发、促进经济增长的必然选择。其中,深圳地铁一期工程于 1999 年开始建设,2004 年 12 月开通运营,二期工程于 2011 年开通运营,目前共完成 5 条轨道交通的建设与运营,全长为 178.47km。据统计,2010 年深圳日均客运量为 43.7 万人次,收入总额为 4.41 亿元。2012 年以来,深圳正在开展地铁三期工程建设。2011 年 4 月,国家发展改革委正式批复《深圳市城市轨道交通近期建设规划(2011-2016)》,根据方案,深圳市开展地铁 6、7、8、9、11 号线的建设,规划实施后深圳市轨道交通线路达到 10 条,总投资 807 亿元,通车里程为 348km,中心城区的线路长度为 194km,预计 2016 年深圳市轨道交通承担客运量占公共交通的比例将达到 38%。²至 2030 年,深圳轨道交通远期规划将形成 16 条线路,总长 585.3 公里,设站 357 座。其中组团快线 4 条、干线 6 条、局域线 6 条³。



深圳轨道交通 1-3 期线路和站点空间分布

来源: 深圳市国土发展研究中心,《深圳市轨道交通规划(2012-2040)》,2013.6

在深圳轨道交通 3 期规划中,轨道交通网络将由组团快线、城市干线和局域线三层次组成,包含 16 条线路,总长度为 585.2km。组团快线是联系城市核心区和外围地区的交通线路,以长距离客流为主,规划速度为 100-120km/h,总长约为 185.7km,规划设站 68 座;城市干线是联系城市主中心和主要发展轴的沿线片区,以中心区和相邻组团间的客流为主,规划速度为 80-100km/h,总长约为 236.3km,规划设站 171 座;局域线是联系相邻组团或组团内部地区的交通线路,是城市干线的补充线路,总长约为 163.2km,规划设站 116 座。深圳轨道线网密度为 0.3km/km²,核心区(罗湖和福田)的线网密度为 0.89km/km²。

² 国家发展改革委关于深圳市城市轨道交通近期建设规划(2011-2016 年)的批复,发改基础[2011]852 号

³ 远期轨道交通线网方案(至 2030 年).<http://www.szpl.gov.cn/main/zsgg/200707090211040.shtml>

4 研究假设、变量选取、数据来源与模型构建

4.1 研究假设

本文的主要研究目的是以深圳市为例探讨轨道交通建设对土地价格的时空影响，为了更好地刻画这种时空影响格局，拟提出四个假设进行验证。(1) 轨道交通建设能显著影响土地价格；(2) 在时间上，轨道交通规划、建设和运营的不同阶段对土地价格的影响程度和显著程度存在差异，需要模型结果进一步验证；(3) 在空间上，轨道交通对站点或沿线核心地区的土地价格影响明显大于外围地区的影响；(4) 轨道交通对不同类型的土地利用价格的影响存在差异，主要分析其对商业、居住和商住混合用地的影响。

4.2 变量选取与数据来源

影响土地价格的因素包括宏观因素和微观因素，宏观因素包括城市社会经济、土地利用、城市规模和国家政策法规等，微观因素主要包括建筑、邻里和区位三个因素^[11, 23]。以土地单价 (Yuan/m²) 为因变量，以时间特征、邻里特征、区位特征和出让方式等要素为自变量，研究深圳市轨道交通对土地价格的影响机制。变量选取与数据来源主要包括 3 个方面。(1) 深圳市轨道交通数据：包含 1 期和 2 期工程的建设时间、开通时间、线路名称与站点名称，并实现空间定位；(2) 深圳市 1989 年—2013 年历年地块交易数据 (图 2)：其中属性信息包含每个地块的空间位置、出让总价、土地面积、出让方式、出让单价等信息，并进行空间经纬度定位，共获得 637 个有效地块信息。(3) 深圳市 POI (Point of Interest) 数据：包含风景设施、购物设施、医疗设施和公共设施的空间定位与数量，计算每个地块 1km 范围内相应 POI 类型的数量，数据来源于“数据堂”网站 (<http://www.datatang.com/>)。

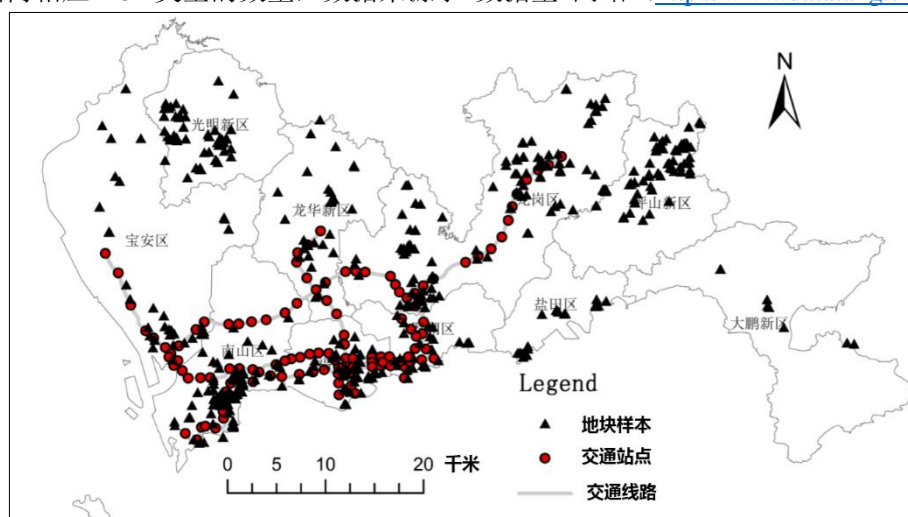


图 2 深圳市轨道交通与地块空间分布图

相关变量的空间分析利用 ArcGIS 的“Proximity”和“Overlay”工具进行空间距离计算和数量统计 (表 1)。此外，为了分析交通轨道在不同时期建设情况，在时间尺度上分为 3 个研究时段。(1) TIME I：1989 年 1 月—2004 年 12 月 (轨道交通开通前)，(2) TIME II：2005 年 1 月—2011 年 12 月 (深圳地铁 1 期工程开通运营)，(3) TIME III：2012 年 1 月以来 (深圳地铁 1、2 期开通运营)。

表 1 变量选择与数据来源

变量类别, 变量名称与单位	平均值	最大值	最小值	标准差	来源
因变量					
土地交易单位价格 (PRICE, Yuan/m ²)	10416.96	176286.15	14.72	23720.98	政府
自变量					
(1) 距离特征 (Dis)					
与最近交通站点距离 (DIS_STN, km)	4.37	35.44	0.05	5.49	ArcGIS 计算
(2) 地块使用类型 (LandType), 以其他用地 (OTH_LD) 为参考基准					
商业用地 (COM_LD, 是为 1, 否为 0)	0.14	1	0	0.34	政府

居住用地 (RES_LD, 是为 1, 否为 0)	0.20	1	0	0.40	政府
商住混合 (MIX_LD, 是为 1, 否为 0)	0.13	1	0	0.34	政府
工业用地 (IND_LD, 是为 1, 否为 0)	0.41	1	0	0.49	政府
(3) 土地交易类型 (TransactionMode), 以挂牌 (LIS) 为参考基准					
拍卖 (AUC, 是为 1, 否为 0)	.0659	1	0	.24836	政府
招标 (TEN, 是为 1, 否为 0)	.0973	1	0	.29664	政府
(4) 区位可达性特征 (POI)					
地块 1km 内风景设施的数量 (LEI)	15.79	27	0	6.59	ArcGIS 计算
地块 1km 内购物设施的数量 (SHP)	262.48	527	0	153.32	ArcGIS 计算
地块 1km 内公共设施的数量 (PUB)	1892.43	3729	8	1063.98	ArcGIS 计算
地块 1km 内医疗设施的数量 (MED)	290.34	565	3	158.96	ArcGIS 计算
(5) 时间效应 (Time), 以尚未开通的时期 (TIME I) 为参考基准					
TIME II	0.59	1	0	0.49	政府
TIME III	0.13	1	0	0.34	政府
样本数量	637				

4.3 模型构建

特征价格模型 (Hedonic pricing model) 是研究此类问题的常用方法, 具有线性、对数和半对数等不同的形式。国内外普遍采用特征价格模型检验轨道交通建设对土地/住房价格的影响, 如对旧金山的 BART 交通系统^[24]、亚特兰大 MARTA 交通系统^[7]、Buffalo 和纽约的地铁^[9]和明尼苏达的 Minneapolis^[10]和国内北京、上海等城市地铁的研究。在不同特征价格模型形式的拟合之后, 发现半对数模型的拟合效果最优, 其形式为:

$$\ln(PRICE)_i = \alpha_i + t_i * LandType_i + d_i * Dis_i + p_i * POI_i + m_i * TransactionMode_i + t_i * Time_i + y_i * Year_i + \xi_i \dots (1)$$

—式中: α_i 为常数项, t_i 、 d_i 、 p_i 、 m_i 、 t_i 和 y_i 为待估算的系数, ξ_i 为误差项。 $LandType_i$ 是土地使用类型, 包含商业用地、居住用地、商住混合、工业用地和其他用地, 为虚拟变量, 以其他用地作为参考标准; Dis_i 是距离变量, 是连续变量, 包含地块与站点的最近距离和与城市中心的距离 (将市政府所在地定义为城市中心); POI_i 是反映区域可达性特征的变量, 是连续变量, 指地块 1km 内不同 POI 类型 (包括风景、公共、购物和医疗设施) 的数量; $TransactionMode_i$ 是土地出让方式变量 (包含招标、拍卖和挂牌等类型), 是虚拟变量, 以挂牌作为参考标准; $Time_i$ 和 $Year_i$ 均为虚拟的时间变量, 反映不同阶段轨道交通建设的影响效应。

5 描述性分析与实证结果

5.1 数据基本描述

在轨道交通数据上, 共获取目前已经开通运营的 5 条线路, 共 118 个交通站点; 在地块交易的数据中, 共获取 637 个交易样本量, 其中, 总建筑面积为 23.707 百万 m^2 , 成交总价为 141.231 百亿元, 地块平均价格为 5957.248 元/ m^2 。地块交易数据在轨道交通站点/沿线不同范围内和开发建设时期上呈现不同的价格与开发特征。

第一, 在轨道交通站点不同范围内, 约靠近交通站点和越远离交通站点的土地开发量最多, 并且靠近站点地区的土地平均价格高于外围地区的平均价格。其中, 位于站点周边“0-0.5km”范围内的交易地块共有 159 宗, 占总数的 24.96%, 总建筑面积为 4.215 百万 m^2 , 其平均价格最高, 达到 13327.807 元/ m^2 ; 位于站点周边“>5.0km”范围的交易地块共有 205 宗, 占 32.18%, 总建筑面积为 9.321 百万 m^2 , 成交总价为 19.753 百亿元, 地块平均价格为 2119.319 元/ m^2 ; 平均价格最小的为处于站点周边“1.51-2.00km”范围的地块, 为 1910.314 元/ m^2 。第二, 在轨道交通沿线的不同范围内, 呈现明显的价格空间梯度的特征, 越靠近轨

道交通沿线的地块价格高于远离轨道交通沿线的地区。其中，位于轨道沿线“0-0.5km”范围内的交易地块共有 219 宗，占总数的 34.38%，总建筑面积为 6.569 百万 m^2 ，其平均价格最高，达到 11625.894 元/ m^2 ；位于轨道沿线“>5.0km”范围的交易地块共有 205 宗，占 32.18%，总建筑面积为 9.321 百万 m^2 ，成交总价为 19.753 百亿元，地块平均价格最低，为 2119.319 元/ m^2 。第三，在轨道交通开发的不同时段上，随着轨道交通的规划、建设和网络化运营的逐渐形成，地块交易价格逐渐上升。其中，位于“1989-2004 年”时期内的交易地块共有 180 宗，占总数的 28.26%，总建筑面积为 5.014 百万 m^2 ，其平均价格最低，为 3024.106 元/ m^2 ；位于“2005-2011 年”时期的交易地块最多，共有 375 宗，占 58.87%，总建筑面积为 16.405 百万 m^2 ，成交总价为 81.440 百亿元，地块平均价格为 4964.633 元/ m^2 ；位于“2012-2013 年”时期内的交易地块共有 82 宗，占总数的 12.87%，总建筑面积为 2.289 百万 m^2 ，其平均价格最高，达到 19498.619 元/ m^2 。

5.2 地块时间与距离的描述及交叉分析

多数研究认为由于靠近轨道交通站点带来的交通时间和成本的节约会促进区位价值的提升，进而提高土地的价格。对深圳市每宗地块的单价、容积率与其距交通站点的距离分析可以看出，距离交通站点越近，土地价格和容积率越高（图 3）。在“0-500m”、“500-1000m”、“1000-1500m”、“1500-2000m”、“2000-5000m”和“>5000m”等距交通站点不同范围区间内土地平均价格分别为 13327.807 元/ m^2 、7955.767 元/ m^2 、8373.397 元/ m^2 、1910.314 元/ m^2 、4163.077 元/ m^2 和 2119.319 元/ m^2 。一个总体趋势是距离轨道交通站点越近的地区，土地价格越高，尤其是距离交通站点 1.0km 地区的土地价格普遍高于距离为 2.0km、5.0km 和大于 5.0km 的地区。

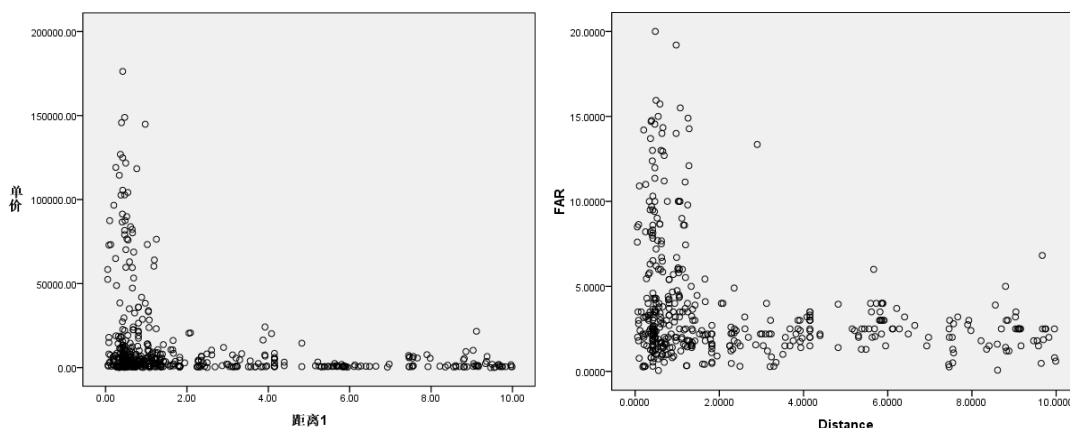


图 3 距轨道交通站点距离与土地价格、容积率的关系图

随着轨道交通建设时间的推进，距轨道交通不同距离空间范围的土地面积供应和地块价格的增长幅度也呈现显著的差异（表 2-表 4）。

(1) 在距离站点的距离和时间的交叉分析上，随着轨道交通建设时间的推进，距轨道交通不同距离空间范围的土地面积供应和地块价格的增长幅度也呈现显著的差异。一方面，随着时间的推进和深圳城市化发展，从“TIME I”阶段到“TIME II”阶段，深圳土地供应的面积逐渐增加，尤其是距站点“1000-1500m”和“1000-2000m”的空间范围土地供应量最大，建设面积增加幅度分别为 226.42% 和 106.81%。然而，从“TIME II”到“TIME III”阶段，由于深圳土地资源紧缺的矛盾逐渐凸显，深圳轨道站点周边土地供应数量逐渐降低，土地供应的空间位置逐渐扩张到站点的外围地区，尤其是在“2000-5000m”的空间区位上，相对于“TIME I”阶段增长幅度为 409.86%，而其他范围上的土地建设面积的增幅降低，且大部分均为负数。

表 2 地块距轨道交通站点距离与时间的交叉分析（建设面积）

距站点距离 (m)	TIME I (m ²)	TIME II (m ²)	TIME III (m ²)	II - I 增幅	III - I 增幅	总计 (m ²)
0-500	29187.68	25815.43	22941.73	-11.55%	-21.40%	26508.14
500-1000	28552.60	40168.28	29427.46	40.68%	3.06%	32896.38
1000-1500	16674.96	54430.53	13857.70	226.42%	-16.90%	37906.54

1500-2000	24078.13	49796.63	14324.91	106.81%	-40.51%	38884.76
2000-5000	25579.39	44167.70	130419.36	72.67%	409.86%	43599.20
>5000	36566.08	53247.04	25076.74	45.62%	-31.42%	45466.63

另一方面，虽然深圳市土地供应数量在减少，但随着轨道交通的发展，土地供应的单价逐渐上升。从“TIME I”阶段到“TIME II”阶段，轨道交通站点周边的土地单价均呈现上升的趋势，其中“0-500m”和“500-1000m”范围内土地单价的上涨幅度最高，分别为279.05%和234.92%。到“TIME III”阶段，轨道交通站点附近的地块土地价格上涨速度明显快于外围地区，“0-500m”、“500-1000m”、“1000-1500m”范围内土地价格上涨幅度分别为902.34%、248.74%和792.19%，最高的是“0-500”的范围，其上涨幅度达到902.34%。“>5000m”的土地单价上涨幅度为102.48%，而“1500-2000”和“2000-5000”的上涨幅度均为负，说明轨道交通的作用程度在降低。在容积率上，随着轨道交通规划与建设的推进，在站点周边不同的空间范围上，容积率均得到提高。在容积率的变化上，轨道交通站点附近的地块的开发强度明显高于外围的地区，其容积率也较高。从“TIME I”阶段到“TIME II”和“TIME III”阶段，“500-1000m”和“1000-1500m”范围的容积率的增长幅度为最高，其中“500-1000m”范围的增幅分别为116.76%和252.33%，“1000-1500m”范围的增幅分别为121.90%和225.44%。

表3 地块距轨道交通站点距离与时间的交叉分析（土地单价）

距站点距离 (m)	TIME I (元/m ²)	TIME II (元/m ²)	TIME III (元/m ²)	II-I 增幅	III-I 增幅	总计 (亿元)	平均价格 (元/m ²)
0-500	5558.70	21070.17	55717.33	279.05%	902.34%	561.74	13327.807
500-1000	7839.44	26255.65	27339.64	234.92%	248.74%	306.21	7955.767
1000-1500	4073.65	10015.64	36344.70	145.86%	792.19%	206.31	8373.397
1500-2000	2908.85	3967.97	936.81	36.41%	-67.79%	17.08	1910.314
2000-5000	4514.27	4593.60	635.62	1.76%	-85.92%	123.42	4163.077
>5000	1345.43	2150.16	2724.22	59.81%	102.48%	197.53	2119.319

表4 地块距轨道交通站点距离与时间的交叉分析（容积率）

距站点距离 (m)	TIME I	TIME II	TIME III	II-I 增幅	III-I 增幅	平均值
0-500	2.841	4.581	6.485	61.25%	128.26%	4.462
500-1000	2.446	5.302	8.618	116.76%	252.33%	4.696
1000-1500	2.406	5.339	7.830	121.90%	225.44%	4.829
1500-2000	2.387	1.696	1.610	-28.95%	-32.55%	1.877
2000-5000	2.888	2.221	1.683	-23.10%	-41.72%	2.365
>5000	1.559	2.264	3.511	45.22%	125.21%	2.477

(2) 在轨道交通建设时间和距站点距离的交叉分析上，一方面，在不同的开发阶段，距离站点不同范围内的土地开发的建筑面积呈现不同的特征（表5-表7），一个明显的特征是轨道交通外围地区的建设面积比周边地区大，但价格较小，容积率也较低。在TIME I阶段，土地交易的总建筑面积为501.41万m²，其中，“0-1.0km”内的土地开发面积最大，建筑面积为322.84万m²，“1.0-2.0km”和“2.0-3.0km”范围内的土地开发面积依次降低，下降幅度分别为83.42%和88.77%，但“>3.0km”范围内的土地开发面积较大，为88.77万m²；在TIME II阶段，土地交易的总建筑面积为1640.47万m²，其中“>3.0km”范围内的开发面积最大，为891.56万m²，相对“TIME I”阶段的增长幅度为115.97%；在TIME III阶段，土地交易的总建筑面积为228.86万m²，其中“>3.0km”范围内的开发面积最大，为146.96万m²。

表5 轨道交通建设时段与距站点距离的交叉分析（建设面积）

时间阶段	0-1.0 km	1.0-2.0 km	2.0-3.0 km	>3.0km	2-1 增幅	3-1 增幅	4-1 增幅	总面积
TIME I	322.84	53.54	36.26	88.77	-83.42%	-88.77%	-72.50%	501.41
TIME II	412.81	271.11	64.99	891.56	-34.33%	-84.26%	115.97%	1640.47
TIME III	70.72	11.18	—	146.96	-84.19%	—	107.81%	228.86

单位：万m²

另一方面，随着轨道交通的建设，地块交易的平均价格呈现不断上升的趋势，TIME I、TIME II和TIME III的平均价格分别为3024元/m²、4965元/m²和19498.62元/m²。在TIME I阶段，“0-1.0km”范围内的土地价格最高为3868元/m²，随着距离站点的增加，地块平均价格呈现下降的趋势，而且外围地区的下降速率更大。“1.0-2.0km”、“2.0-3.0km”和“>3.0km”范围的单价分别比“0-1.0km”空间范围的平均价格下降23.71%、65.62%和79.11%；在TIME II阶段，0-1.0km范围内的土地价格最高为9345元/m²，随着距离站点的增加，地块平均价格呈现下降的趋势，“1.0-2.0km”、“2.0-3.0km”和“>3.0km”范围的单价分别比“0-1.0km”空间范围的平均价格下降34.35%、36.23%和73.16%；在TIME III阶段，0-1.0km范围内的土地价格最高为50668元/m²，随着距离站点的增加，地块平均价格呈现下降的趋势。在容积率，从“TIME I”到“TIME III”阶段轨道交通站点周边不同空间范围的地块的容积率均明显上一个阶段的容积率。而且，在空间范围上，在同一个时间段上，站点周边核心区的地块容积率高于相应外围的容积率。

表6 轨道交通建设时段与距站点距离的交叉分析（土地单价）

时间阶段	0-1.0 km	1.0-2.0 km	2.0-3.0 km	>3.0km	2-1 增幅	3-1 增幅	4-1 增幅	平均价格
TIME I	3868	2951	1330	808	-23.71%	-65.62%	-79.11%	3024
TIME II	9345	6135	5959	2508	-34.35%	-36.23%	-73.16%	4965
TIME III	50668	36932	—	3172	-27.11%	—	-93.74%	19498.62

单位：元/m²

表7 轨道交通建设时段与距站点距离的交叉分析（容积率）

时间阶段	0-1.0 km	1.0-2.0 km	2.0-3.0 km	> 3.0km	2-1 增幅	3-1 增幅	4-1 增幅	平均容积率
TIME I	2.713	2.353	3.227	1.733	-13.27%	18.95%	-36.12%	2.489
TIME II	4.876	4.333	2.174	2.264	-11.14%	-55.41%	-53.57%	3.477
TIME III	7.275	6.275	—	3.391	-13.75%	—	-53.39%	4.971

5.3 轨道交通与空间效应模型与实证结果

在土地价格影响因素上，统计结果显示了不同变量类型对土地价格的影响机制。首先，在距离特征和时间特征上，随着距轨道交通站点距离的增加，土地价格呈现降低的趋势，这与多数研究结果相类似。在模型1中，检验了轨道交通的距离特征和时间特征对土地价格的影响。变量DIS_STN的系数为-0.100，与预期相符合，并且呈现高度显著，说明与站点距离与土地价格呈现显著的负相关的关系。在时间的影响上，轨道交通运营后能显著提升周边土地的价格，并且随着轨道交通运营的完善和网络的逐渐形成，轨道交通对周边土地价格的影响逐渐增强，虚拟变量TIME II和TIME III对土地价格的影响系数分别为0.369和0.941，并且均在1%的水平上达到显著。模型2检验了地块自身属性对土地价格的影响，在土地利用类型上，商业、居住和混合型用地对土地价格具有显著的正面效应，其中商业用地对土地价格的影响程度最大，系数为2.190，显著程度也最高。工业用地类型对土地价格的影响为负，回归系数为-0.588，并且显著。在土地出让方式上，相对“挂牌”方式而言，“招标”和“拍卖”对土地价格的影响为正，回归系数分别为0.055和0.352，但并不显著。Linneman（1980）指出学校、医院和大型商业服务设施等邻里服务设施会影响住房价格^[25]。模型3检验了区域POI可达性特征对土地价格的影响，其中变量LEI的影响为正（0.082），但并不显著。变量PUB和变量MED的系数分别是-0.045和-0.039，而且显著，这说明地块周边购物设施和医疗设施的数量可能由于负外部性（如环境污染、治安等负面效应），会导致地块价格偏低。变量SHP的影响显著为正，其评估系数为0.011，这说明地块周边的购物设施提升了居民消费的便捷性，对地块价格的影响作用非常明显。在模型4中，考虑了距离、时间、地块类型、交易方式和区域可达特征对地块价格的综合影响，结果表明土地交易类型和区域可达性影响对土地价格的影响和显著程度存在差异。在控制其他变量之后，距轨道交通站点的距离依然显著影响土地价格，影响系数为-0.055，即随着与轨道站点的距离每增加1km，土地平均价格大约降低5%。时间效应影响也呈现正向显著的特征，随着轨道交通服务、连接性和网络特征逐渐形成，轨道交通对站点周边土地价格的影响会逐渐增强。

表 8 不同变量类型对土地价格影响效应的模型回归结果

变量类型	变量名称	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
距离特征	DIS_STN	-0.100*** (-8.891)			-0.055*** (-5.886)
地块使用类型	COM_LD		2.190*** (11.002)		2.166*** (11.854)
	RES_LD		0.852*** (4.351)		1.190*** (6.512)
	MIX_LD		0.396* (1.914)		1.063*** (5.177)
	IND_LD		-0.588*** (-3.595)		-0.271* (-1.760)
土地交易类型	AUC		0.055 (.285)		0.566*** (2.829)
	TEN		0.352 (1.608)		0.319* (1.708)
区位可达性特征	LEI			0.082 (1.189)	0.030 (.559)
	SHP			0.011** (2.446)	0.007** (2.011)
	PUB			-0.045** (-0.464)	-0.035** (-2.524)
	MED			-0.039* (-1.706)	-0.017 (-0.959)
时间效应	TIME II	0.369*** (2.627)			0.934*** (7.243)
	TIME III	0.941*** (4.569)			1.703*** (9.603)
常数项	CONS	7.947*** (69.209)	7.536*** (52.857)	8.130*** (23.078)	6.768*** (20.667)
模型参数	R ²	0.120	0.358	0.088	0.476
	调整 R ²	0.116	0.351	0.082	0.465
	样本量	637	637	637	637
	F 值	0.00	0.00	0.00	0.00

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著。

5.4 轨道交通与时间效应模型与实证结果

模型 1 和模型 4 从轨道交通运行 1 期和 2 期两个阶段检验了轨道交通对土地价格影响的时间效应。模型 5、模型 6 和模型 7 则从更加具体的层面探讨轨道交通建设的时间效应模型。以深圳市尚未开通运行的时间段（2004 年以前）作为模型的参照基准，共获得 482 个样本量。结果表明，在轨道开通运行后的不同阶段，轨道交通对地块价格的影响正负效应和显著程度存在差异。模型 5 检验了区域特征变量对土地价格的影响。在控制了区域特征变量之后，在模型 6 中，变量 Year2005 的系数为负（-0.142），说明在轨道交通运行的第一年，其对土地价格具有负面的效应，但并不显著。这说明，轨道交通开通运营前期对土地开发的引导效应并不显著，并且由于其他线路在建设时期的负外部性，如噪声污染、交通连接性降低等，导致地块价格降低。但随着轨道交通的逐年运营，逐渐提高站点周边地块的开发强度和土地价格。变量 Year2006 的系数为 0.851，并且达到 5%水平的显著，尤其是变量 Year2013 的回归系数为正（1.646）并且达到 1%水平上显著。说明随着深圳市轨道交通 5 条线路的网络化格局的逐步形成，提升了大部分地区的交通可达性和交通成本的节约，显著提升了土地价格。由于距站点不同距离的地区，轨道交通开通的时间效应可能存在差异。因此，模型 6 控制距离变量以验证时间效应的效应机制，与模型 6 相比，模型 7 更好地解释了轨道交通运营的不同阶段对土地价格的影响效应。回归系数表明，随着轨道交通规划与服务的逐步完善，轨道交通对提升站点周边地块价格的影响效应强度变得更高。

表 9 时间特征对土地价格影响的模型回归结果

变量类型	变量名称	模型 5	模型 6	模型 7
------	------	------	------	------

距离特征	DIS_STN			-0.094*** (-7.646)
区位可达性特征	LEI	0.216** (2.135)	0.217** (2.147)	0.154 (1.609)
	PUB	0.016 (0.907)	0.015 (0.873)	0.013 (0.749)
	MED	-0.028 (-1.455)	-0.027 (0.150)	-0.021 (-1.191)
时间效应	Year2005		-0.142 (-0.335)	-0.074 (-0.184)
	Year2006		0.851** (2.077)	0.888** (2.296)
	Year2007		0.285 (.672)	0.421 (1.050)
	Year2008		-0.302 (-0.823)	-0.072 (-0.208)
	Year2009		0.164 (0.428)	0.175 (0.485)
	Year2010		0.030 (.083)	0.398 (1.154)
	Year2011		0.331 (0.881)	0.698* (1.950)
	Year2012		0.160 (0.423)	0.445 (1.238)
	Year2013		1.646*** (3.638)	2.038 (4.740)
常数项	CONS	8.296*** (18.274)	8.124*** (14.626)	8.411*** (16.003)
模型参数	R ²	0.083	0.150	0.245
	调整 R ²	0.077	0.129	0.224
	样本量	482	482	482
	F 值	0.00	0.00	0.00

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著。

5.5 轨道交通与土地利用类型模型与实证结果

现有一些研究指出轨道交通建立和运营对不同利用类型的土地价格的影响差异。Cervero 和 Landis (1997) 对 BART 的研究发现轨道交通对城市中心区商业住房的提升效应较高^[7]。现有大部分研究结论表明轨道交通对商业和居住类型的用地的影响程度更好，显著水平也更高。模型 8-10 分别检验了不同变量对商业、居住、商住混合用地的影响效果。在距离特征上，与交通站点的距离对居住用地的影响最大，高于对商业用地的影响。模型 8 模型回归的标准系数为-0.059，并且在 1%的水平上呈现显著，说明与站点距离每增加 1%，居住用地的土地价格会降低 5.9%。在土地交易类型上，“拍卖”和“招标”对混合型的土地利用具有正向的显著影响，而对其他类型的用地影响存在差异。在区域可达性特征上，1km 内各种设施的数量对居住用地的土地价格影响的显著程度最高，并且变量 LEI 和 PUB 的系数为负，而对其他类型用地影响不具有显著性。可能原因是由于深圳市住房的高端化和封闭化的特征，地块周边的低档的设施类型可能会降低土地价格。在时间效应上，随着轨道交通运营的完善、网络化的形成和交通通达程度提高，轨道交通对商业、居住用地的具有显著的正向效应，并且这种效应不断得到增强。在商业和居住的模型中，时间变量类型均为显著，变量 TIME II 的系数分别为 1.870 和 0.655，在 5%的水平上显著，而到了 TIME III 阶段，相应的系数分别提升为 3.514 和 2.282，并且显著水平提升到 1%。在轨道开通的初期阶段，轨道交通对混合型的用地类型有正面刺激作用，但程度较低且不显著。随着轨道交通运营的发展，对混合型用地的正面效用提升，且非常显著，但这种提升效果小于轨道交通对商业和居住的刺激作用。

表 10 轨道交通时间、空间效应对不同类型用地价格影响的模型回归结果

变量类型	变量名称	模型 8 (商业)	模型 9 (居住)	模型 10 (混合)
------	------	--------------	--------------	---------------

距离特征	DIS_STN	-0.059** (-2.320)	-0.074** (-2.569)	-0.043 (-1.286)
土地交易类型	AUC	0.365 (0.522)	0.793** (2.413)	0.600* (1.699)
	TEN	-0.751 (-1.110)	0.602** (2.293)	1.288*** (3.014)
区位可达性特征	LEI	-0.065 (-0.372)	-0.051 (-.575)	-0.082 (-.258)
	PUB	0.007 (0.115)	-0.039** (-2.081)	
	SHP	-0.001 (-0.073)	0.003 (0.680)	-0.005 (-0.560)
	MED	-0.001 (-0.021)	0.017 (0.577)	0.035 (0.562)
时间效应	TIME II	1.870** (4.521)	0.655** (2.296)	0.493 (1.539)
	TIME III	3.514*** (5.801)	2.282*** (4.484)	2.897*** (3.257)
常数项	CONS	9.356*** (8.457)	7.643*** (14.452)	8.019*** (6.621)
模型参数	R ²	0.469	0.239	0.256
	调整 R ²	0.408	0.180	0.174
	样本量	89	127	82
	F 值	0.00	0.00	0.00

注：(1) *、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著。

(2) 模型 9 中变量 PUB 和模型 10 中的变量 SHP 由于未通过检验而被剔除。

6 结论与讨论

在强调 TOD 理念和绿色交通的发展背景下，城市轨道交通能降低交通拥堵，引导土地开发，刺激经济增长与促进城市可持续发展，进而成为国内许多城市发展的重要战略。基于此，对轨道交通与土地开发与价格相关关系的探讨，无论是对未来交通发展的模式与线路安排，还是对土地开发的强度、密度与混合度的制定均具有重要的意义。本文基于深圳市轨道交通与地块交易的数据，选取距离特征、地块使用类型、土地交易类型、区位可达性特征、时间效应等不同类型的变量，建立模型验证轨道交通发展对土地价格的时间和空间效应，主要结论为：(1) 轨道交通对土地价格具有显著的时空效应。在空间上，土地价格与距站点的距离具有显著的负相关关系，距离站点越远，土地价格越低，单位距离的衰减程度约为 5%—10%。在时间上，轨道交通开通运营前期对土地开发的引导效应并不显著，并且由于其他线路在建设时期的负外部性，如噪声污染、交通连接性降低等，导致地块价格降低。但轨道交通运营后能显著提升周边土地的价格，并且随着轨道交通网络的逐渐形成和可达性的进一步提升，轨道交通对周边土地价格的影响逐渐增强。(2) 轨道交通与地块价格/容积率的时空关系上，离轨道站点越近，价格上升越快；(3) 轨道交通对不同类型的用地的时空间效益存在差异。与交通站点的距离对居住用地的影响最大，高于对商业用地的影响。在轨道开通的初期阶段，轨道交通对混合型用地类型有正面刺激作用的程度较低且不显著。随着轨道交通运营的发展，这种正面效用逐渐提升。

轨道交通建设面临巨大的融资和盈利的压力，开展轨道交通与土地价格的互动关系研究能为轨道交通周边土地价格、开发强度和可能的溢价征收的确定提供参考。本文的研究成果能为城市规划相关政策提供建议。未来深圳市和国内其他城市仍会进行大规模的轨道交通建设。因此，应推进轨道交通与土地开发一体化发展，从时间和空间的角度确定轨道交通对不同类型用地价格的影响范围和提升幅度，以更好地推进轨道交通导向的土地开发。

参考文献

- [1] MILLS E S. Studies in the Structure of the Urban Economy[M]. Baltimore: Jones Hopkins Press, 1972.
- [2] ALOSON W. Location and Land Use[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- [3] MUTH F R. Cities and Housing[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
- [4] BAE C C, JUN M, PAR H. The impact of Seoul's Subway Line 5 on residential property values[J]. Transport Policy, 2003,10(2):85-94.
- [5] GRIMES A, YOUNG C. Spatial effects of urban rail upgrades[J]. Journal of Transport Geography, 2013,30:1-6.
- [6] KNAAP G J, DING C, HOPKINS L D. Do plans matter? The effects of light rail plans on land values in station [J]. areas Journal of Planning Education and Research, 2001,21:32-39.
- [7] CERVERO R, LANDIS J. Assessing the Impacts of Urban Rail Transit on Local Real-Estate Markets Using Quasi-Experimental Comparisons[J]. Transportation Research Part A:Policy and Practice, 1993,27:13-22.
- [8] CERVERO R, KANG C D. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea[J]. Transport Policy, 2011,18:102-116.
- [9] HESS D B, ALMEIDA T M. Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-area Property Values in Buffalo, New York[J]. Urban Studies, 2007,44:1041-1068.
- [10] HURST N B, WEST S E. Public transit and urban redevelopment: The effect of light rail transit on land use in Minneapolis, Minnesota[J]. Regional Science and Urban Economics, 2014,46:57-72.
- [11] 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.
- [12] 冯长春, 李维瑄, 赵蕃蕃. 轨道交通对其沿线商品住宅价格的影响分析——以北京地铁5号线为例[J]. 地理学报, 2011,66(8):1055-1062.
- [13] 谷一桢, 郑思齐. 轨道交通对住宅价格和土地开发强度的影响——以北京市13号线为例[J]. 地理学报, 2010,65(2):213-223.
- [14] 聂冲, 温海珍, 樊晓锋. 城市轨道交通对房地产增值的时空效应[J]. 地理研究, 2010,29(5):801-810.
- [15] 尹爱青, 唐焱. 轨道交通对住宅价格的影响——以南京市地铁一号线为例[J]. 城市问题, 2008(2):29-33.
- [16] MOHAMMAD S I, GRAHAM D J, MELO P C, et al. A meta-analysis of the impact of rail projects on land and property values[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2013,50:158-170.
- [17] LITMAN T, STEELE R. Land Use Impacts on Transport: How Land Use Factors Affect Travel Behavior[J]. Victoria Transport Policy Institute, 2012.
- [18] RYAN S. Property values and transportation facilities: finding the transportation-land use connection[J]. Journal of Planning Literature, 1999,13(4):412-427.
- [19] PEREZ P, MARTINEZ F, ORTUZAR J. Microeconomic formulation and estimation of a residential location choice model: implications for the value of time[J]. Journal of Regional Science, 2003,43(4):771-789.
- [20] ROLON A. Value capture as a potential source for funding transportation projects in the city of Queretaro, Mexico.[D]. University of California, Los Angeles School of Public Affairs, 2005.
- [21] RICS. Land value and public transport[R]. The Royal Institution of Chartered Surveyors. Office of the Deputy Prime Minister., 2002.
- [22] 张维阳, 李慧, 段学军. 城市轨道交通对住宅价格的影响研究——以北京市地铁一号线为例[J]. 经济地理, 2012,32(2):46-65.
- [23] 张宏斌, 贾生华. 编制城市房地产价格指数的理论模型和实用方法[J]. 中国软科学, 2000(04):65-68.
- [24] WEBBER M M. The BART Experience-What Have We Learned?[EB/OL]. [0606]. <http://escholarship.org/uc/item/7pd9k5g0>.
- [25] LINNEMAN P. Some empirical results on the nature of the hedonic price function for the urban housing market[J]. Journal of Urban Economics, 1980,8(1):47-68.