

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2026.04.014

轨道交通导向的公共交通就业 可达性与出行公平研究

汤维多^{1,2}, 张 纯^{3,4}, 韩昊英¹

(1. 澳门城市大学城市与可持续发展研究院, 澳门 999078; 2. 贵州交通技师学院(贵州省交通运输学校), 贵阳 550014;
3. 北京交通大学建筑与艺术学院, 北京 100044; 4. 河北省交通空间数智化设计及虚实映射技术重点实验室, 雄安 102500)

摘要: 为检验轨道交通导向的公共交通系统在提升出行公平方面的实际成效并识别潜在问题, 基于手机信令数据, 以深圳为例, 构建整合空间公平与群体公平的就业可达性公平评价框架, 提出“先识别空间差异, 再归纳人群特征”的分析路径。研究在不同通勤情境下, 联合测度绝对与相对就业可达性, 依据“低绝对—高相对”双重劣势标准识别交通劣势单元, 并采用 K-medoids 聚类刻画社会经济属性, 引入可分解泰尔指数拆解不公平来源。结果表明: 深圳就业可达性呈现“机会空间不均等、通勤时间趋同”的特征, 轨道交通压缩了通勤时间, 但就业机会仍集中于站点核心区及优势区位, 交通劣势单元随距轨道站点距离增加而增多。研究识别出多重社会弱势群体、经验型劳动群体、传统型劳动群体及双高通勤错配群体, 揭示弱势成因的多元性。泰尔指数分解显示, 不公平主要源于群体内部差异, 群体间差异则主要由教育与收入驱动。研究结果为轨道交通导向的公共交通系统公平性测度及其可持续运营提供了新的思路。

关键词: 城市轨道交通; 就业可达性; 交通公平; 弱势群体; K-medoids 聚类

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2026)04-0123-08



Transport Equity and Job Accessibility in a Rail-Transit-Oriented Public Transport System

Tang Weiduo^{1,2}, Zhang Chun^{3,4}, Han Haoying¹

(1. Institute of Urban and Sustainable Development, City University of Macau, Macau SAR 999078, 2. Guizhou Traffic Technician and Transportation College, Guiyang 550014; 3. School of Architecture and Design, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044; 4. Hebei Key Laboratory of Transport Space Design and Digital Technology, Xiongan 102500)

Abstract: To assess the equity performance of an urban rail-transit-oriented public transport system and identify potential issues, this study uses mobile phone signaling data from Shenzhen to build a job accessibility equity evaluation framework integrating spatial and group equity, and proposes a “spatial-disparity identification first, population-characteristic summarization second” approach. Absolute and relative job accessibility are jointly measured under different commuting scenarios; transport-disadvantaged units are identified using the “dual-disadvantage” criterion of low absolute and high relative accessibility; K-medoids clustering is used to characterize socioeconomic attributes; and a decomposable Theil index is applied to identify sources of inequity. Results show a distinctive pattern in Shenzhen’s job accessibility: unequal spatial access to job opportunities alongside convergent commuting time. Rail transit shortens commuting time, but job opportunities remain concentrated in station core areas and locationally advantaged areas, while transport-disadvantaged units increase with distance from rail stations. Four disadvantaged groups are identified—multidimensionally disadvantaged groups, experience-based labor groups, traditional labor groups, and

收稿日期: 2025-10-09 修回日期: 2026-03-06

第一作者: 汤维多, 女, 博士研究生, 从事交通公平与可达性研究, U23092120227@city.edu.mo

通信作者: 张纯, 女, 博士, 教授, 从事交通与城市协同发展、交通公平与可达性研究, zhangc@bjtu.edu.cn

基金项目: 自然科学基金(52570224)

引用格式: 汤维多, 张纯, 韩昊英. 轨道交通导向的公共交通就业可达性与出行公平研究[J]. 都市轨道交通, 2026, 39(4): 123–130.

high-income, high-education commuting-mismatch groups—revealing diverse mechanisms of disadvantage. Inequity is driven mainly by within-group disparities, while between-group differences are largely driven by education and income. The study provides new insights for equity measurement and sustainable operation of urban rail transit-oriented public transport systems.

Keywords: urban rail transit; job accessibility; transport equity; disadvantaged groups; K-medoids clustering

城市轨道交通被视为改善出行公平与促进社会包容的重要工具。作为公共交通体系的骨干,轨道交通依托高速度与大运量优势产生显著的时空压缩效应,使远离就业中心的居民在可承受通勤时间内获得更多岗位机会,从而提升交通福祉^[1]。但效率提升并不等同于公平改善:在岗位高度集聚与职住错配并存的背景下,轨道发展可能加剧就业可达性的空间不均衡,并导致群体间受益差异^[2]。因此,有必要从公平视角评估轨道导向公共交通系统的就业可达性。

在交通公平评估中,可达性被广泛视为衡量机会分配公平性的核心指标,其中,就业可达性用于表征居民借助交通系统获取就业机会的能力^[3]。从度量维度看,就业可达性可分为绝对可达性(给定阈值内可达岗位数量)与相对可达性(岗位加权平均通勤时间),二者结合可同时刻画“机会数量与通勤负担”的双重特征^[4]。从分析单元与数据粒度看,相关研究主要形成基于静态场所、移动场所与个体的3类框架,以兼顾可实施性与精细化识别^[5];对应的测算方法包括距离法、累积机会法、重力法与两步移动搜索法等。在公平性评价方面,常用指标有基尼系数、泰尔指数与帕尔马比率^[3]。随着手机信令、公交刷卡与出租车轨迹等大数据的应用,基于移动场所的可达性测度得以实现,并能在城市尺度揭示更细致的不公平现象^[5]。然而,围绕就业可达性劣势对象的识别及其形成路径,现有研究仍有待改进。

许多研究习惯于先按收入、性别、年龄等社会属性对人群分组,再比较其可达性差异,这种做法容易遗漏未被常规标签覆盖、却在现实出行中处于不利地位的隐性弱势群体^[6-7]。事实上,交通弱势不应被视为固定身份,而是一种受机会可达性、通勤负担与空间区位共同作用所形成的多维剥夺状态^[8]。为避免概念混用,将相关术语区分为:交通弱势群体,指更易在出行中遭遇障碍的群体;交通劣势,指可达性、可用性或可负担性等长期不利的现实表现;交通贫困,是在交通劣势与收入贫困、空间隔离等叠加并固化后形成的更深层困境^[9]。本文所称交通弱势群体,特指在轨道导向的公共交通体系下就业可达性处于明显劣势的人群。深圳作为中国城市轨道交通发展典型的城市

之一,其轨道网络扩张迅速、出行占比高,时间收益明显,同时也面临岗位高度集聚与站域服务外溢不足等问题^[10]。因此,深圳为研究城市轨道交通导向下的就业可达性公平问题提供了具有代表性的案例。

基于上述背景,本文以轨道交通为骨干、常规公交为补充的城市公共交通系统为对象,构建“先空间、后人群”的轨道公平评估框架,聚焦于深圳市的空间与群体两个层面的公平问题。具体流程包括:首先,利用手机信令数据,在3个通勤时间阈值下联合度量绝对与相对就业可达性,以刻画就业可达性差异;其次,根据上述就业可达性结果识别交通弱势单元,并采用K-medoids聚类对弱势单元内居民的多维特征进行归类,提取典型的弱势群体类型;最后,借助可分解泰尔指数将总体不公平分解为群体间与群体内两部分,以定位不公平的主要来源。本文重点分析以下三个方面:①不同通勤时间阈值下轨道交通导向的公共交通就业可达性空间差异;②“绝对与相对可达性”双重劣势标准下交通弱势群体类型及其特征;③性别、年龄、教育水平和收入维度,就业可达性不公平的群体间与群体内来源。研究为轨道交通导向的公共交通系统从效率到公平议题下的可持续运营提供借鉴与参考。

1 研究案例、数据与方法

1.1 研究案例与数据

深圳市地处中国南部珠江三角洲地区,是我国改革开放的重要窗口,因数十年来的快速城市化和持续经济增长而享誉国内外。截至2021年年底,深圳市常住人口为1 770万人,行政区域总面积为1 997 km²^[11]。全市共设9个行政区(罗湖、福田、南山、宝安、盐田、龙华、龙岗、光明、坪山)和大鹏新区1个功能区(见图1)。

本研究使用的数据主要包括:轨道导向的公共交通数据,以及基于手机信令识别的居住人口、就业岗位与道路网络数据。为全面评估轨道交通在公共交通体系中的公平成效,文中不仅考虑地铁,还纳入与之衔接的常规公交,以更真实地反映居民在实际通勤中的可达条件。

公共交通原始数据来源于2021年12月的OpenStreetMap,并结合深圳市政府、地铁及公交公司发布

的公开信息进行校验与补充。在预处理阶段,对轨道和公交站点进行空间归一化处理:将同一地铁站的不同出口合并为单一节点,并以其中点坐标作为统一位置;对道路两侧相对设置的公交站点予以合并,视作同一站点。处理后共得到地铁站点 242 个、线路 12 条,常规公交站点 24 831 个、线路 797 条。

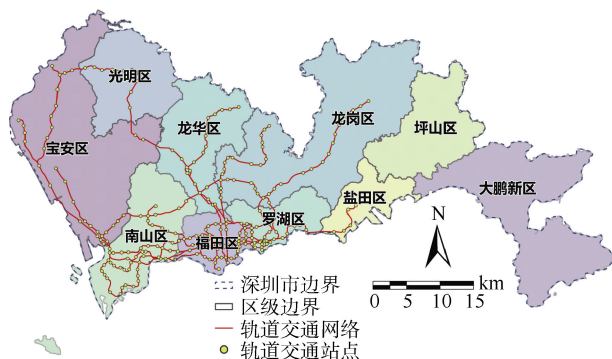


图 1 研究区域
Figure 1 Study area

手机信令数据由中国联通提供,采集时间为 2022 年。通过识别用户在工作日期间连续的日间与夜间主要停留点,分别判定其工作地与居住地,最终识别出约 1 716.67 万居住人口与 1 372.76 万个工作岗位。此外,手机信令数据配套提供匿名化用户画像统计信息(性别、年龄、教育与收入等),用于居民社会经济属性的统计与聚类分析。

1.2 就业可达性及其空间公平测度

本文从绝对可达性与相对可达性两个维度评估轨道交通导向下的公共交通就业可达性。前者度量单位人口在给定时间阈值内可达的岗位数量,反映机会数量差异;后者以岗位为权重计算平均通勤时间,反映获取机会的效率与通勤负担。二者结合可更全面揭示公平性特征。研究设置 3 个时间阈值: $0 < T \leq 20 \text{ min}$ (T_{20}); $20 < T \leq 40 \text{ min}$ (T_{40}); $40 < T \leq 60 \text{ min}$ (T_{60}), 分别对应日常生活出行、城市内部跨区通勤及长途通勤情境。

1.2.1 绝对可达性

$$A_{i,[t_1,t_2]}^{\text{abs,per}} = \frac{\sum_j S_j \cdot I(t_{ij} \in [t_1, t_2])}{P_i} \quad (1)$$

式中, $A_{i,[t_1,t_2]}^{\text{abs,per}}$ 为居住单元 i 在时间段 $[t_1, t_2]$ 内的人均可达岗位数; S_j 为就业单元 j 内岗位数量; t_{ij} 为从居住单元 i 到工作地 j 内的公共交通通勤时间(min); $I(\cdot)$ 为指示函数,若 t_{ij} 落在指定时间段内则取 1, 否则为 0; P_i 为居住单元 i 的人口数量。

1.2.2 相对可达性

$$A_{i,[t_1,t_2]}^{\text{rel}} = \frac{\sum_j S_j \cdot t_{ij} \cdot I(t_{ij} \in [t_1, t_2])}{\sum_j S_j \cdot I(t_{ij} \in [t_1, t_2])} \quad (2)$$

式中, $A_{i,[t_1,t_2]}^{\text{rel}}$ 为居住单元 i 在时间段内 $[t_1, t_2]$ 的工作岗位加权平均通勤时间。

完成可达性计算后,采用基尼系数、洛伦兹曲线与帕尔马比率辅助刻画就业可达性空间差异,为后续弱势识别提供分布依据。

1.3 交通弱势群识别与群体差异比较

1.3.1 界定交通劣势单元

本文采用双指标联合分位筛选法,若某单元的绝对可达性低于底部 20% 分位数(P_{20}),且相对可达性高于顶部 20% 分位数(P_{80}),则认定为交通劣势单元(transport-disadvantaged units, TDU):

$$\text{TDU} = \{i | A_i^{\text{abs}} < P_{20}(A^{\text{abs}}) \wedge A_i^{\text{rel}} > P_{80}(A^{\text{rel}})\} \quad (3)$$

式中, $P_{20}(A^{\text{abs}})$ 为绝对可达性分布的第 20 百分位数; $P_{80}(A^{\text{rel}})$ 为相对可达性分布的第 80 百分位数。采用分位阈值法以应对两类指标量纲不同、分布差异明显的特点,从而在统一统计含义下识别“低绝对—高相对”的双重劣势。 P_{20}/P_{80} 作为基线旨在聚焦显著尾部劣势并保持可解释的样本规模;同时以 P_{15}/P_{85} 与 P_{25}/P_{75} 敏感性分析验证识别结果的稳定性(见附录 1)。

为揭示轨道交通对就业可达性空间分布的影响,参考既有研究与步行可达性标准^[12],依据居住单元至最近地铁站的欧氏距离,将其划分为近距($\leq 500 \text{ m}$)、中距($500 \sim 1\,000 \text{ m}$)与远距($> 1\,000 \text{ m}$)3 个影响区,以此分析 TDU 的分布,识别服务的空间衰减效应。

1.3.2 识别交通弱势群体

在识别出的 TDU 范围内,采用 K-medoid 聚类方法识别典型弱势群体类型,相较于其他聚类方法,其以真实样本点作为簇中心,受偏态分布与极端值的干扰更小,与本研究的手机信令画像数据特性更匹配。基于多维剥夺视角并结合数据可得性,选取性别、年龄、教育和收入四类维度(见表 1),并对各指标进行 Z-score 标准化,分别在 T_{20} 、 T_{40} 和 T_{60} 这 3 个时间阈值下独立聚类。最终得到若干社会属性相对同质的交通弱势群体类型,用以揭示劣势结构特征。簇数 K 由平均轮廓系数(ASW)与间隙统计量(GAP)联合诊断确定(见附录 2),最终取 T_{20} 为 3 类、 T_{40} 与 T_{60} 为 2 类。

表 1 人口属性维度与分类规则
Table 1 Socio-demographic dimensions and classification rules

人口属性维度	群体分类	说明
性别	男性、女性	—
年龄	≤17、18~34、35~54、≥55	未成年人、青年、中年、老年
教育水平	高中及以下、大专、本科及以上	低、中、高学历群体
收入水平	低(≤P33)、中(P33~P66)、高(≥P66)	基于分析单元人均收入分位划分(P33, P66)

1.3.3 群体间公平性比较

在识别出不同群体后，采用具备可加性的泰尔指数(Theil index)评估就业可达性的不公平程度，并将其分解为群体间(T_{between})与群体内(T_{within})两部分。具体分解形式如下：

$$T_{\text{total}} = T_{\text{between}} + T_{\text{within}} \tag{4}$$

其中，总体泰尔指数(T_{total})计算公式如下：

$$T_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P} \cdot \frac{A_i}{\bar{A}} \cdot \ln \left(\frac{A_i}{\bar{A}} \right) \right) \tag{5}$$

式中， P_i 为单元 i 的人口； P 为总人口； A_i 为单元 i 的人均就业可达性； $\bar{A}$ 为总体人均可达性。若某单元 $A_i=0$ ，

该项定义为 0 以避免计算错误。泰尔指数值越大表示就业机会分布越不均衡，0 表示完全公平。

群体间差异部分 T_{between} 与群体内差异部分 T_{within} 的计算方法与总体泰尔指数类似。通过比较两者的数值大小，可进一步识别就业可达性不公平的主要原因是群体之间，还是群体内部。

2 结果分析

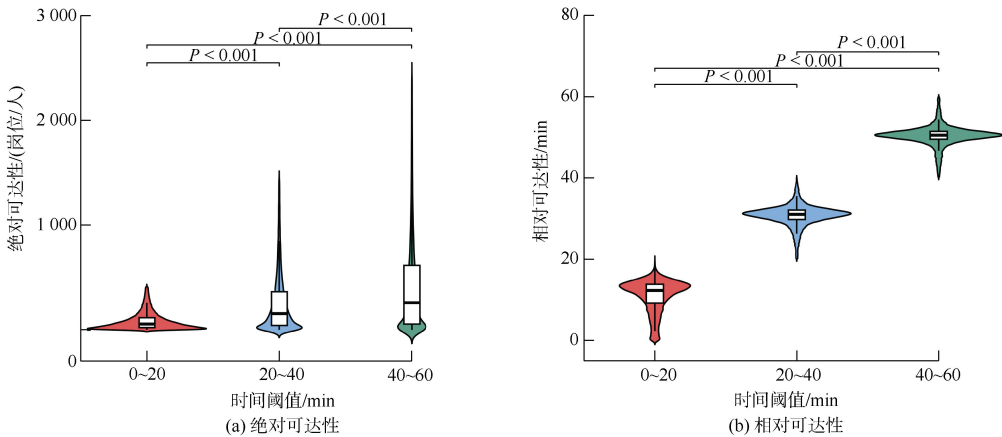
2.1 轨道交通公平视角下的就业可达性差异

深圳市在轨道交通导向的公共交通系统下的就业可达性呈现出“空间机会不均等、通勤时间趋同”的典型特征(见表 2、图 2)。尤其在轨道站点核心区，就业机会获取与通勤时间节约的综合收益更为集中，但这种时间成本上的改善并未同步转化为空间公平的提升。具体而言，绝对可达性随通勤时间阈值延长而显著提升，但其分布极不均衡。各阈值下的平均值远高于中位数，且标准差与偏度极高，表明大量区域处于低可达水平，而少数单元集聚了绝大部分就业机会(见图 2(a))。与之形成鲜明对比的是，相对可达性的分布则更为均衡，其标准差小且近似正态分布，反映居民在通勤时间成本上的差异相对有限(见图 2(b))。

表 2 绝对和相对可达性描述性统计分析

Table 2 Descriptive statistics for absolute and relative accessibility

绝对和相对可达性	样本量	平均值	中位数	标准差	最小值	最大值	偏度	峰度
Abs_T20(岗位/人)	44 736	130.49	59.45	500.33	0	43 539	37.62	2 151.92
Abs_T40(岗位/人)	44 736	396.50	154.62	1 629.86	0	162 630	47.57	3 546.65
Abs_T60(岗位/人)	44 736	657.19	247.25	2 608.45	0	166 361	29.65	1 244.02
Rel_T20(min)	44 702	11.05	12.29	3.95	0	19.74	-1.08	0.46
Rel_T40(min)	42 616	30.76	31.03	2.62	20.02	39.99	-0.71	2.50
Rel_T60(min)	41 739	50.36	50.52	2.48	40.03	59.99	-0.50	3.37



注：P<0.001 表示差异达到高度显著水平，即不同组别间可达性分布差异具有统计学意义。

图 2 深圳市就业可达性的小提琴图
Figure 2 Violin plots of job accessibility in Shenzhen

从公平性指标看(见表 3、图 3),洛伦兹曲线清晰显示,绝对可达性的分布严重偏离公平线,其对应的基尼系数在三类阈值下均超过 0.56,帕尔马比率最高达 56.32,共同确认了机会数量分布的严重不均。而相对可达性的洛伦兹曲线则紧贴公平线,其对应的基尼系数始终低于 0.20,帕尔马比率接近 1,说明从通勤时间成本角度看,居民所获得的就业可达性相对公平。进一步结合轨道交通的空间影响分析发现,TDU 的分

表 3 就业可达性的公平性指标结果

Table 3 Equity metrics for job accessibility

可达性指标	基尼系数	帕尔马比率
Abs_T20	0.56	21.19
Abs_T40	0.63	44.66
Abs_T60	0.64	56.32
Rel_T20	0.19	2.16
Rel_T40	0.04	1.22
Rel_T60	0.02	1.13

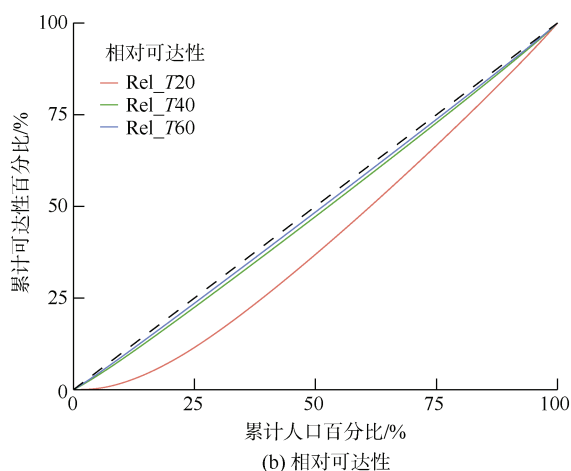
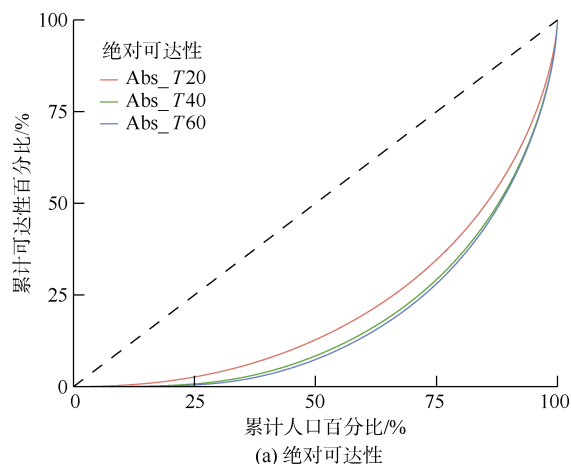


图 3 就业可达性的洛伦兹曲线

Figure 3 Lorenz curves of job accessibility

布呈现明显的距离衰减规律(见表 4):在近距离影响区内,TDU 占比最低;随着距离增加,中距影响区与远距影响区的 TDU 数量与比例显著上升,且该趋势随通勤阈值放宽而更加明显。由此可见,交通出行公平的高度依赖空间区位,其积极影响集中于站点核心区,并随距离增加而减弱。不同时间阈值下 TDU 的空间分布见附录 3。

表 4 轨道交通影响区内不同时间阈值下交通劣势单元数量与比例

Table 4 Number and proportion of transport-disadvantaged units within metro impact zones under different commuting thresholds

轨道交通影响区	TDU_T20 数量	TDU_T20 占比/%	TDU_T40 数量	TDU_T40 占比/%	TDU_T60 数量	TDU_T60 占比/%
近距影响区(≤500 m)	219	31.83	555	21.61	665	24.39
中距影响区(500~1 000 m)	217	31.54	811	31.58	846	31.02
远距影响区(>1 000 m)	252	36.63	1 202	46.81	1 216	44.59

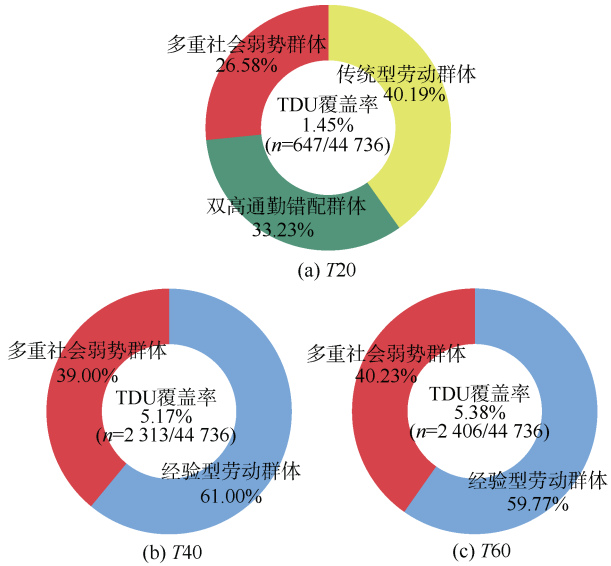
综上,轨道交通导向的公共交通有效压缩通勤时间,惠及多数居民的同时,其服务效益在空间上分布不均,核心区域获得强化而外围区域相对被忽视,最终形成“时间公平与局部空间失衡”的格局。

2.2 轨道交通影响下的弱势群体特征与公平性拆解

深圳市轨道交通导向的公共交通显著改善了整体就业可达性,这从 TDU 仅占 1.45%~5.38%即可得到印证,表明绝大多数居民和区域从中受益(见图 4)。然而,这些少数单元所引发的群体公平问题仍需重点关注。为解析 TDU 的内在结构,本文运用 K-medoids 聚类方法对 TDU 内居民的社会经济属性进行分析,识别出 4 类稳定的典型群体(见表 5、图 4);各类群体在收入、学历、年龄与性别结构上的量化画像见图 5 及附录 4。

1) 多重社会弱势群体。呈现“低收入、低学历、青年为主且男性占比高”的特征,在 3 个阈值下稳定存在,且在 T40 与 T60 下占比超过 39.00%,反映社会剥夺与空间错配的叠加影响。

2) 经验型劳动群体。具有收入较高但低学历突出的特征。在 T20 阈值下不明显,但在 T40 和 T60 下占比分别为 61.00%和 59.77%,成为主体群体,说明其劣势在通勤时间放宽时因岗位分布与公交网络的结构性矛盾而凸显。



注：图中心数值表示对应时间阈值下 TDU 占全部居住单元的比例。

图 4 交通劣势单元中各类弱势群体的分布结构
Figure 4 Distribution of transportation-disadvantaged groups in transport-disadvantaged units

表 5 四类典型交通弱势群体
Table 5 Four typical transportation-disadvantaged groups

标签名称	时间阈值(聚类编号)	本质特征
多重社会弱势群体	T20(Cluster 2) T40(Cluster 1) T60(Cluster 1)	低收入、低学历比例高、 青年为主、男性占比高
经验型劳动群体	T40(Cluster 2) T60(Cluster 2)	高收入、低学历比例高、 年龄与性别结构相对平衡
传统型劳动群体	T20(Cluster 1)	中等收入、低学历比例高、 年龄与性别结构相对平衡
双高通勤错配群体	T20(Cluster 3)	高收入、学历结构优越、 青年为主、男性占比高

注：各群体的具体社会经济特征与量化指标见附录 4。

3) 传统型劳动群体。具有中等收入、低学历占比高特征。在 T20 阈值下单独成簇(占比 40.19%)，显示其对严格通勤限制的高度敏感性。

4) 双高通勤错配群体。表现出高收入、中高学历、以青年为主的特征。在 T20 下占比 33.23%，随阈值放宽而分散，其弱势主要源于居住与就业的空间错配，折射出高房价与职住分离等城市结构性问题。

由此可见，交通弱势具有多维性与结构性，并非单一经济问题，而是教育、收入、年龄与交通系统共同作用的结果。

在识别典型弱势群体的基础上，进一步采用泰尔指数解析不公平的来源。结果显示(见图 6)：第一，差异主要发生在群体内部而非群体之间。多数维度下，群体内泰尔指数显著高于群体间；以性别为例，T20

的群体间差异接近于 0，而群体内差异超过 2.62，表明不公平主要反映为同一群体内部的空间差异。这一模式在年龄、教育与收入维度中同样存在。第二，在有限的群体间差异中，教育与收入的贡献最为突出；即便在相对可达性指标下，教育仍保持主导作用。这表明教育水平和收入水平在决定群体间公平性方面发挥关键作用。第三，通勤阈值的扩大会放大绝对可达性的整体不均：当阈值由 20 min 延至 40 min，泰尔指数由约 2.92 升至 3.05，再至 3.18(T60)，说明交通覆盖范围的拓展并未均等惠及所有群体。

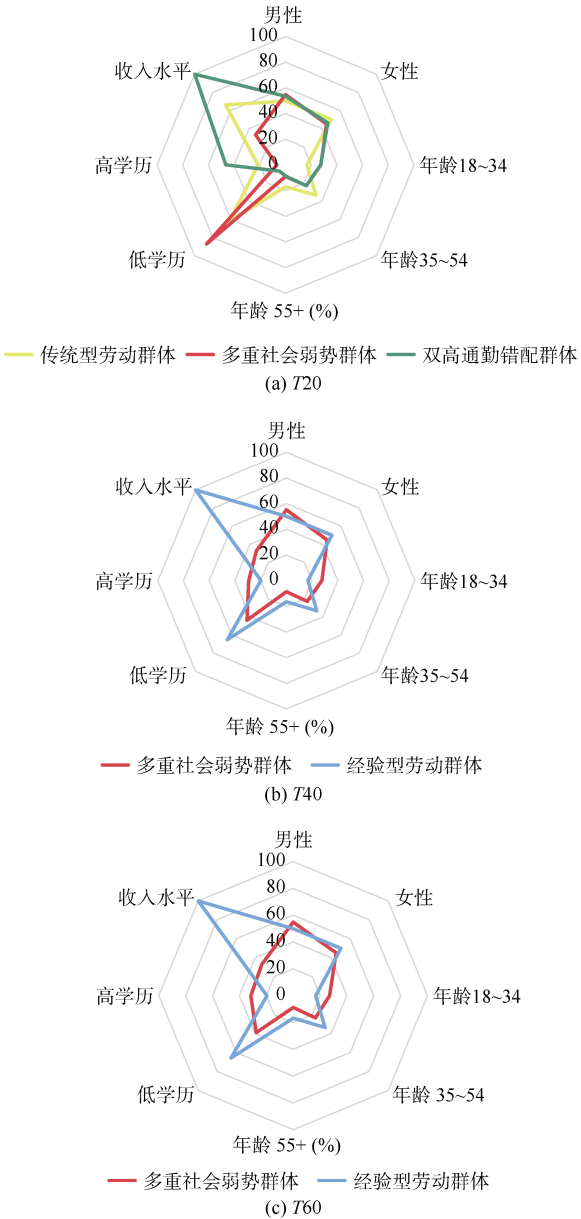


图 5 不同时间阈值的交通弱势群体特征
Figure 5 Characteristics of transport-disadvantaged groups under different commuting thresholds

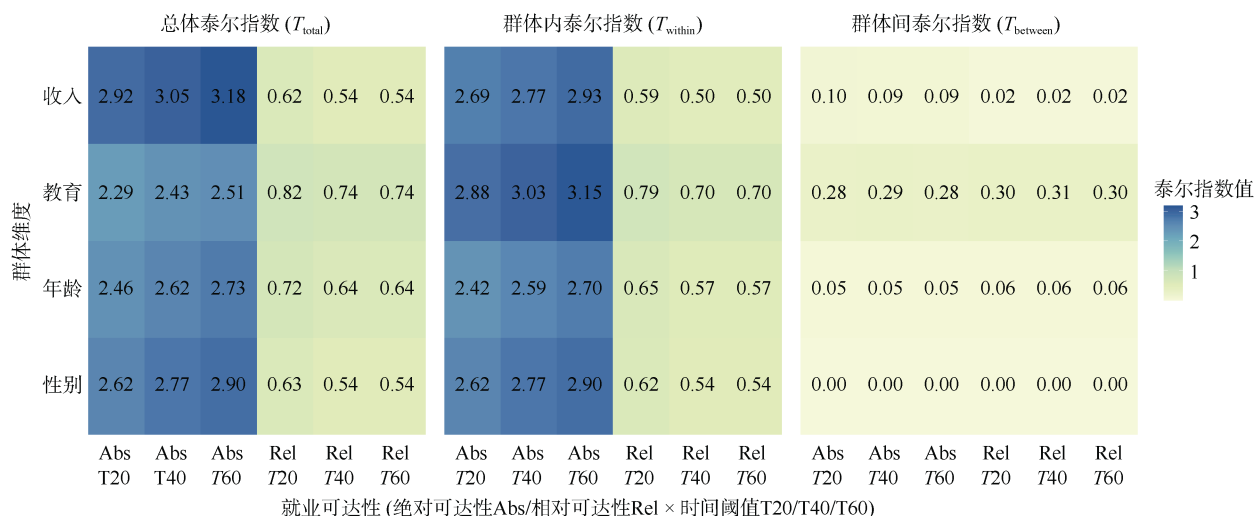


图6 各群体维度(性别、年龄、教育水平、收入水平)的三类泰尔指数对比

Figure 6 Comparison of three Theil indices across group dimensions (gender, age, education, income)

综上,本研究在明确城市轨道交通使多数群体受益的基础上进一步揭示:其未能完全消除的公平性问题,主要表现为以群体内部差异为主、教育与收入主导群体间差异的结构性特征,且该不均衡随服务范围扩大而有所加剧。

3 结论及建议

3.1 结论

1) 城市轨道交通导向的公共交通系统显著提升了深圳市整体就业可达性水平。交通劣势单元占比较低,表明系统服务覆盖较为广泛,绝大多数区域与居民从中受益,但这种提升并不意味着交通公平问题已被充分消解。

2) 在空间维度上,轨道交通导向的公共交通系统虽显著压缩通勤时间,使相对可达性更趋公平,但并未同步改善绝对可达性的空间不均,导致站点核心区与外围区域在就业机会获取上仍存在显著差距。

3) 在群体维度上,聚类分析所揭示的多元弱势类型与泰尔指数分解呈现的“群体内差异主导”格局相互印证,共同揭示交通公平问题的复杂性:前者表明交通劣势是收入、教育、居住区位等多维因素耦合的结果;后者则显示不公平性主要源于群体内部分化,且随通勤阈值放宽而加剧。

本文结果对轨道交通公平效应提供了新的补充视角。既有研究多将交通公平不足归因于通勤时间成本差异^[13],而笔者发现,在轨道交通导向的高强度公共交通系统下,通勤时间差异已显著收敛,就业可达性不公平更多体现为机会数量在空间上的高度集聚。这

一结果表明,在高密度城市中,交通公平问题可能由“时间可达”转向“机会可达”;同时,多元弱势群体类型及“群体内差异主导”的特征提示,单一社会属性指标难以充分刻画真实交通劣势,需基于可达性事实开展空间与群体的联合识别^[6]。

3.2 建议

基于上述结论,未来规划应超越单一网络扩展,转向“精准识别、协同施策”的精细化治理路径。在空间层面,政策重心应由单纯压缩通勤时间转向提升机会的空间均衡配置与可达性获取,避免轨道站点核心区就业与公共服务过度集聚所引致的机会垄断;通过产业组团与就业节点多中心化组织,联动公共服务与保障性住房同步配置,引导就业机会沿轨道走廊向外围承载区有序外溢;并以TDU识别结果作为空间干预的靶向依据与绩效评估抓手,持续缩小绝对机会获取差距。在群体层面,应面向聚类识别的弱势类型并回应“群体内差异主导”特征实施分层支持:对多重社会弱势群体落实票价减免与通勤补贴,强化夜间与非高峰供给;对经验型与传统型劳动群体降低换乘成本、提高线路直达性;关注双高通勤错配群体在高房价背景下面临的权衡型剥夺,配置快速化公共交通并与住房、就业政策协同推进;最后,以TDU为监测单元建立识别、投放、评估、调整的闭环机制,避免“平均改善”掩盖内部分化,推动公平改善持续落地。

本研究将分析视角从空间公平拓展至群体公平,通过量化就业可达性与识别弱势群体类型,为高密度城市开展交通公平评估提供了新的分析思路。然而,研

究仍存在一定局限,未来可在以下方面继续深化:引入时间维度,探索就业可达性的动态变化及其公平性影响;融合多源数据,构建更立体的弱势群体识别框架;拓展研究范畴,将分析框架应用于医疗、教育等公共服务的公平性评价,系统构建城市多维机会公平性图谱。

参考文献

- [1] Zhang Chun, Man J. Examining job accessibility of the urban poor by urban metro and bus: a case study of Beijing[J]. *Urban Rail Transit*, 2015, 1(4): 183-193.
- [2] Wang Zhuoyu, Wang Tao, Zang Linlin, et al. Spatial equity disparities of work commuting based on job accessibility in Chengdu, China[J]. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 2024, 13(11): 417.
- [3] Karner A, Pereira R H M, Farber S. Advances and pitfalls in measuring transportation equity[J]. *Transportation*, 2025, 52(4): 1399-1427.
- [4] Hwang U, Lieu S J, Guan Hongzhao, et al. Measuring transit equity of an on-demand multimodal transit system[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2025, 91(1): 72-87.
- [5] Zhang Jinmeng, Chen Bi yu, Fu Chenxi, et al. Uncovering horizontal and vertical inequities of individual accessibility using mobile phone data[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2025, 143: 104755.
- [6] Fan Naifu, Chen Xiaohong, Yang Zhiwei. Does affordable housing provide a better life for vulnerable groups? Measuring social equity through public transit accessibility[J]. *Journal of Transport Geography*, 2025, 128: 104340.
- [7] 黄晓燕, 康晨晨, 邢慧楠, 等. 时空制约下的交通弱势对城市居民出行行为的影响研究[J]. *地理研究*, 2024, 43(9): 2440-2459.
- [8] 邱宁. 剥夺理论视角下的残疾人公共服务设施均等化研究[D]. 天津: 天津大学, 2022.
- [9] Radzimski A. Accessibility of vulnerable populations to essential opportunities: a multimodal approach with application to four Polish Cities[J]. *Networks and Spatial Economics*, 2024: 1-28.
- [10] 李云, 刘泓昆, 胡慧敏, 等. 深圳市轨道交通车站与土地利用互动性研究[J]. *深圳大学学报(理工版)*, 2024, 41(4): 395-405.
- [11] 深圳市统计局, 国家统计局深圳调查队. 深圳统计年鉴 2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [12] 张艳, 罗永杰, 朱潇冰, 等. 轨道交通站域职住空间变化特征分析: 深圳市的实证研究[J]. *城市规划学刊*, 2020(3): 48-56.
- [13] Lachapelle U, Boisjoly G. Breaking down public transit travel time for more accurate transport equity policies: a trip component approach[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2023, 175: 103756.

(编辑: 傅依萱)