

数据驱动的城市核心片区交通体系优化方法研究

——以成都高新南区为例

蒋源 李星 乔俊杰

【摘要】数据分析是各层次交通规划落实“以人为本”理念的根本。过去受数据限制影响，致使对居民出行分析特征不够完备、对居民出行需求挖掘不够精准，在片区交通改善中“人本理念”的落实程度不足。在多元大数据融合分析的背景下，对人出行全过程行为特征的分析得以实现，进一步强化了对人出行需求及交通症结背后成因的精准掌握，进而指导形成更具有针对性的交通改善方案。本文基于对多元数据之间融合基础和可行性的研究，探索了多元大数据融合挖掘人本出行特征、需求及交通症结背后成因的理论方法和技术逻辑，并以成都高新南区为例，研究了多元数据融合指引下的核心片区交通改善实践。

【关键词】数据融合；核心片区；交通优化提升；成都高新南区

我国城市化进程进入下半场，城市发展呈现三大主要特征：一是在我国社会主要矛盾转化为“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”的时代背景下，“以人为本，充分满足人民的需求”成为城市各领域发展的主旋律。作为承载居民出行的城市交通系统，充分匹配满足日益丰富多元的出行活动需求已成为行业研究和实践的共识目标，“15分钟慢行生活圈”、“1小时通勤圈”等的构建都是“以人为本”理念在城市交通领域充分落实的体现。二是我国进入以国土空间规划为首的新时代，城市空间资源在保护-发展管控约束下由“增量为主”转变为“增存并重”，今后规划建设对象更多以存量空间为主，“大修大建”的发展理念已不适应时代发展的需要，依靠“新增设施满足出行需求”的传统交通发展模式难以维系。伦敦、东京、上海、深圳等城市将交通系统视作为满足居民出行需求的服务体系，坚持发展集约化运输方式、精细提升出行体验，从而引领居民的出行需求。三是生态环境保护的重要性得到前所未有的提升，环境品质影响着城市居民的生活体验和幸福感、更是关系到城市永续发展的根本，城市交通正以提升空间品质鼓励中短距离慢行出行、提升公共交通运行效率鼓励中长距离公交出行等“绿色低碳”方式响应人本出行需求的发展要求⁰。

城市核心片区是人口分布密集、增量空间紧缺、生态品质要求较高的典型区域，紧密的经济往来流动促使产生的大量出行活动以及丰富多元出行需求在有限空间环境中高度交织重叠，对片区交通体系提出更高的支撑要求。因此，围绕人的多元化出行活动需求，精细优化改善已有系统、合理科学利用增量空间，发展集约、绿色低碳出行方式，进而维系核心片区正常运转和持续发展成为交通体系优化提升的关键重点。

数据分析是各层次交通规划的根本。通过数据分析可以研判得到核心片区居民的出行特征和需求，并以此为依据精确指引交通规划的策略，真正实现“以人为本”在规划中落实，

并指导“集约发展”、“绿色低碳”理念的落地。在大数据融合时代，对居民行为的分析不仅能做到在样本量上“多时段、全域覆盖”的提升，更能分析得到居民从起点出发到终点停止全过程的出行活动，大幅提升对居民出行行为特征挖掘的精度，促进更加科学指引方案的制定。此外，对人出行活动分析精度和细度的提升，将促进片区交通改善提升分析视角、规划模式的转变。

本文以成都高新南区作为典型代表，探索在大数据融合支撑下城市核心片区交通优化提升研究的全新范式。即利用多元大数据融合挖掘片区中人的出行活动特征及活动需要，以出行全链条的视角统筹研究高新南区交通系统的现状问题及背后成因，并以人的出行需求为依据，提出针对性、综合性、充分体现“集约发展”及“低碳绿色”理念的优化提升策略和方法，促进提升核心片区宜居宜业环境。

1 既有交通研究与规划实践回顾

尽管“以人为本”是交通领域研究和实践的共识要求，但受限于数据获取、技术手段的影响，现有研究与实践难以真正做到对人出行活动的精准研究分析，进而制约“以人为本”理念的充分落实。

1.1 对人多元出行需求掌握的精准性有待提升

过去受制于数据分析技术限制，抽样调查问卷及公交刷卡、轨道刷卡、共享单车骑行等单一大数据的应用是既有研究文献和规划实践分析出行需求的主流手段。抽样调查可以帮助研究者充分掌握最新状况，一直以来都是开展特征研究的主要方式。然而，相对大数据，抽样调查样本量小，调查结果更多反应某一特定群体的出行特征和需求，对认知片区整体交通运行状况的支撑不足⁰。其次，制表人难以穷尽所有的出行状况，无法保证分析结果的客观性⁰。公交刷卡、轨道刷卡、共享单车骑行等大数据应用虽然在样本量和客观性上得到改善，但仍存在可提升优化的空间⁰。首先，刷卡和骑行数据表征反应的是“站到站”或“点到点”的出行特征，对于乘客上车/取车前和下车/还车后的出行行为无法分析；其次，缺乏与其他交通方式融合分析，无法准确得到居民选择“轨道+公交”、“轨道+骑行”等组合式出行时的出行特征和需求。

1.2 优化方案围绕人出行需求的“针对性”有待提升

当下，城市交通系统已成为居民日趋多元出行需求的载体，应该精准围绕人的出行需求提出更具有针对性的改善优化方案。受制于数据分析技术精准度的影响，现有研究仅能分析出行距离、出行方式、出行总量等表明特征，能够揭示部分交通体系的现状问题，却难以实现对交通问题其背后成因的分析，进而难以保障改善策略对人本需求回应的“针对性”。由于无法进一步分析人本出行需求和交通症结的背后成因，以交通需求总量与交通设施供给平衡关系⁰⁰来指导交通改善优化成为主要研究方式，将交通系统按出行方式切割为若干个独立子系统进行研究⁰⁰，例如以小汽车出行总量来评估衡量现有道路系统饱和度或拥堵状况，

从而指导片区道路新增、优化或交通组织改善等，但这种视角更多解决的是交通设施承载力不足的问题，而非满足片区居民出行需求。同时，就小汽车论小汽车、就公交论公交的方法缺少统筹和衔接，针对人本需求的改善措施更应该是跨系统交叉、建管并举的综合施策。

2 片区交通优化的数据融合支撑技术研究

2.1 多元数据之间融合分析的基础和技术研究

研究掌握人出行全方式、全过程、全空间的出行特征和出行需求是落实“以人为本”的基本前提。现有数据研究多是针对单一交通方式“站到站”开展，需要进一步扩展出行方式、由“站到站”扩至“门到门”。其次，针对选乘公交、轨道出行的接驳出行行为识别不足，导致接驳端的出行特征和需求掌握不足。此外，现有出行研究缺乏与城市空间关系的匹配，难以进一步挖掘居民在不同出行空间中的需求。手机信令、轨道刷卡、公交刷卡、共享单车、城市街景等数据具有各自的优势和劣势，可通过融合互补补齐居民出行“门到门”全方式出行以及出行与城市空间之间的关联关系。

就手机信令而言，因其打点密、全时段采集的优势，具有跟踪研究人出行全过程特征的基础，并且利用手机信令进行出行方式区分的分析技术已经相对成熟，真正可实现对出行者全方式“门到门”出行特征的分析⁰。然而，单独使用手机信令数据仍然存在缺陷，一是人出行的部分关键特征和需求要求多种数据融合才能得到，以出行目的为例，不仅需要出行者起讫点的坐标数据，更需要起讫点所在的用地性质、业态等数据，并结合其出行习惯综合推导出行者的真实出行目的。二是受制信令基站采集偏移的问题，单独运用手机信令数据不可避免地出现异常分析结果。再比如公交刷卡、轨道刷卡数据而言，两者可以精准分析得到常规公交、轨道交通出行特征（客流总量、出行距离、出行时间等）。但两者的问题在于仅能分析的乘客“站到站”的出行特征，对居民乘坐前和乘坐后的出行特征无法分析。再者，对于选择慢行和小汽车出行居民无法通过公交和轨道刷卡数据获取。因此，手机信令、公交刷卡、轨道刷卡数据需要通过融合发挥各自优势、弥补各自劣势才能实现对人出行全过程特征分析。

表 1 多元数据分析出行特征的优劣势

数据	分析优势	分析劣势
手机信令	可以分析得到小汽车、公交、轨道、慢行等全方式出行特征； 全时段出行特征； 可精准分析出行目的。	受基站采集数据影响，异常数据影响大； 单独分析应用场景较少。
公交刷卡	精准分析公交出行乘客的出行特征。	仅表征“站到站”的出行特征；

		仅表征公交乘客的出行特征。
轨道 刷卡	精准分析轨道出行乘客的出行特征。	仅表征“站到站”的出行特征； 仅表征轨道乘客的出行特征。
共享 单车	精准分析骑行出行乘客的出行特征； 可分析公交、轨道接驳段的骑行特征。	仅表征骑行乘客的出行特征。
现场 调研	最客观且直接收集交通运行、空间环境、用地性质等方法	样本量较小、采集工作量较大,适用局部。
POI、 用地 数据	大规模反映城市用地性质、开放情况等。	更新时间受到制约、难以保证最新情况。
街景 数据	大规模反映城市街道空间环境的情况。	更新时间受到制约、难以保证最新情况。
公交 线路 数据	大规模反映城市公共交通线路开设及运营情况。	更新时间受到制约、难以保证最新情况。

针对补齐全方式“门到门”出行链而言，本研究以手机信令为主，公交刷卡、轨道刷卡为辅进行研究。具体来说，采用既有文献提及的“多阈值聚类分析”，通过手机信令测算用户每个出行点位的平均速度、瞬时速度、加速度、瞬时加速度等值，并以出行点位为单元进行聚类分析，再根据聚类簇表征特征来区分居民在不同出行阶段的交通方式。针对手机信令区分方式的测算结果，使用交刷卡、轨道刷卡、骑行数据进行相互校核对比。如通过公交刷卡、轨道刷卡、骑行数据分别测算常规公交、轨道交通、共享单车群体的出行总量、出行时耗、出行距离等出行特征参数，并以此为依据对手机信令测算相应结果进行校核，不断优化手机信令区分主导出行交通方式的算法。针对补齐接驳换乘端出行行为而言，本研究以常规公交、轨道交通站点数据与共享单车骑行数据进行融合分析。具体来说，使用轨道或公交站点构建合理的“识别圈”，然后使用“识别圈”框选共享单车车辆，通过共享单车车辆反查用户ID，将多日在同一车站同一时段进行骑行乘客识别为接驳骑行群体，可进一步挖掘识别得到接驳骑行特征和需求。

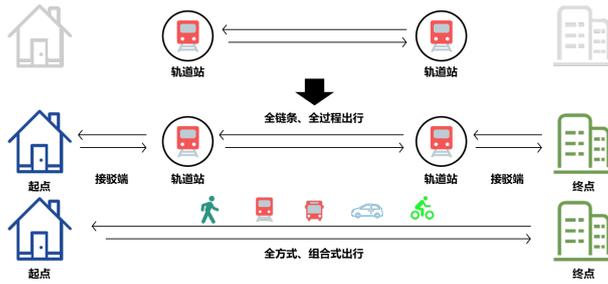


图 1 补齐全方式、全过程“门到门”出行链

针对促进出行与城市空间融合，通过叠合分析出行终点坐标数据以及终点所处区域的用地数据或POI数据，制定一系列识别规则，如工作日平峰时段居民手机信令数据终点连续多日在同一商业用地上一次停留时长超过3小时的可视为工作，其对应的出行目的定义为通勤出行；而在非工作日居民手机信令数据终点在非工作地商业用地上一次停留时长超过2小时的可视为娱乐消费，其对应的出行目的定义为娱乐消费出行。



图 2 融合出行与空间数据精准识别出行目的

2.2 人本出行特征及需求的融合挖掘技术研究

居民出行特征可以由出行总量、出行方式、出行时耗、出行距离、出行时段、客流吸引范围、出行目的等基本参数进行表征，而人本出行需求是对基本参数的进一步挖掘和对比分析。

首选，需要通过多元数据融合分析得到出行特征。围绕起点的经纬度坐标和出行方式，可以测算出行总量、各类出行方式占比以及出行需求的空间聚集情况；针对终点坐标，主要结合用地数据进行出行方式的测算；针对OD直线数据，最为关键是将成功匹配到城市交通网络上，以便测算真实的路径距离，同时也可对交通网络重要廊道的交通量进行统计测算。最后，出行时耗可以通过OD直线两端的起讫点时间差来表征，接驳换乘的间隔时间可以用接驳后出行的起点时间减去接驳前出行的终点时间进行测算。

通常来说，居民需求是多元化的，既有“高效”的需求，又有“便捷”、“可达”等的需求，但是在特定的出行环境下，居民呈现的主要需求才是交通改善需要重点关注的。结合多

元大数据分析的技术可行性以及居民出行目的,本文总结四大出行场合对应的主要需求以及对应运用多元大数据融合分析测算的技术逻辑。

(1) 通勤出行以“高效”为主要需求。通过通勤时段(成都早高峰为7:00~9:00)和连续出行次数(一周至少3次出行终点落在同一商业用地、行政办公用地等表征岗位聚集区域用地上)从手机信令数据中筛选得到通勤出行群体。从出行方式选择来看,通勤群体更愿意选择“速度更快”和“耗时更短”的小汽车及轨道交通出行,两者分担率分别达到29%和26%,均高于各自平峰水平。

(2) 接驳换乘以“便捷”为主要需求。聚焦到公共交通出行“最初/最后一公里”中,从接驳端出行方式选择来看,骑行出行占比远高于其余出行场景。同时,居民在接驳公共交通时,骑行和步行接驳的平均速度都高于其他出行场景。

(3) 消费出行以“直达”为主要需求。通过娱乐时段(非工作日或节假日)和出行区域(连片商业用地、高能级商业设施类POI等商圈表征数据)从手机信令数据中筛选得到娱乐出行群体。通过出行总量和出行平均距离的测算发现,在相同量级商圈中,轨道站点的直连可大幅提升商圈客流总量和客流吸引范围。

(4) 游憩出行对“品质”的主要需求。通过游憩时段(非工作日或节假日)和出行区域(连片公园绿地、大型公园设施类POI等公园表征数据)从手机信令数据中筛选得到游憩出行群体。通过出行需求和路径的空间分布来看,公园绿地规模越大吸引客源越多;同时,超过90%到发出行均选择公园周边环境品质较高的路径。



图 3 多元数据融合分析片区交通特征及问题成因技术逻辑

2.3 交通问题成因挖掘技术及方案指标逻辑研究

人本出行特征映射到交通系统上，表征的是交通系统现状运行状况。但仅依靠交通系统的现状运行特征，仍然无法指导交通改善方案的提出，更需要了解交通系统现状问题背后的成因，针对成因的分析更多是聚焦到人的出行需求与现状交通设施供给情况之间的叠加对比。

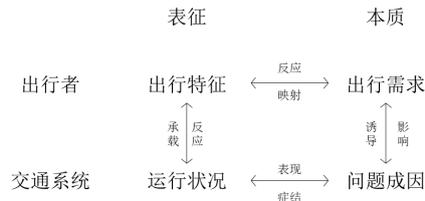


图 4 从表征到本质的分析逻辑

城市交通症结一般有设施供给、融合衔接、服务覆盖、出行品质、交通承载力五大类型。本文总结适用于五类交通症结的多元数据分析路径：（1）设施供给类成因。如针对常规公交、轨道站点周边共享单车的供给量进行分析，并与该站点客流量进行比对，研判共享单车车辆供给是否充分匹配使用需求；（2）融合衔接类成因。对比常规公交与轨道交通运营时刻表、发车间隔等运行数据，研判两者是否形成促进转换衔接良好基础。（3）服务覆盖类成因。使用居民出行需求分布情况和公共交通服务覆盖面或线路走向进行叠合分析，研判公共交通对出行需求的服务覆盖情况。（4）出行品质类成因。针对居民慢行或接驳换乘需求旺盛的路径，通过其街景图片提取街道绿视率、机动车占道、车道宽度等数据，研究分析慢行空间品质状况。（5）交通承载力类成因。针对高峰时段平均行驶较低的路段，对比分析其实际交通出行流量及容量，研判交通承载力是否已经接近饱和或超过极限。

城市核心片区交织重叠丰富多元的出行需求，就要求交通系统以多维或整体的形式共同承担，传统分子系统进行独立优化改善的逻辑难以满足要求。例如就“常规公交出行时耗超过小汽车”的交通现状问题而言，不仅仅是由于常规公交出行速度不及小汽车出行速度造成的，还可能是绿色交通对出行需求旺盛区域服务覆盖不足造成两端接驳距离过长所致。因此，围绕其的改善优化方案不能仅仅关注公交专用道的布设，还应优化常规公交站点及线路走向的布设更应靠近出行需求旺盛区域。

3 高新南区交通改善的应用实践

3.1 基本状况

成都高新南区位于主城区正南方，面积为87平方公里，是按照“现代商务中心、高端产业新城”定位打造的中央商务区。根据手机信令分析可得，高新南区常住人口密度为1.4万/平方公里、工作人口密度为1.6万/平方公里，是全市居住和岗位最为密集的片区。目前，片

区内已建成“八纵十横”骨架路网，并已开行7条轨道线路。

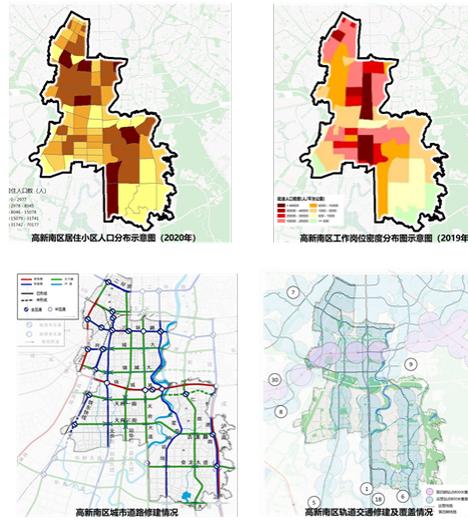


图 5 高新南区居住-岗位分布、交通基础设施修建基本情况

3.2 高新南区居民以到发通勤为主的出行特征

针对手机信令数据、公交刷卡、轨道刷卡、共享单车等数据的起讫点分布情况开展分析发现，高新南区所有出行中，起讫点两端都在高新南区范围内的内部出行占比为20%；起讫点两端都不在高新南区范围内、但轨迹途径高新南区范围内的过境出行占比为14%；起讫点一端在高新南区范围内的到发出行占比为66%，占据绝对主导地位。将到发出行群体的出行需求进行单独分析，从出行终点经纬度坐标数据与用地数据、POI数据进行匹配结果来看，到发出行群体中近88%的终点坐标落在岗位聚集区域，表明到发通勤才是高新南区居民出行最主要的需求。本文以高新南区通勤出行为例，详细介绍从出行特征到出行需求，再以此指引改善措施。



图 6 高新南区出行结构及出行方式分布情况

3.3 公共交通尚未充分匹配满足通勤“高效”需求

针对到发通勤群体进行交通方式的拆分，可以发现小汽车分担比占据最高水平，超过公共交通及轨道交通。这是由于高新南区职住分离较为明显，静态职住平衡度为1.71，远超中心城区平均水平（0.76），职住分离致使长距离（平均为8.6公里）的到发通勤出行，在此情况下，人对交通出行服务“快捷”的需求更高。然而，在相同“门到门”通勤距离下，小汽

车通勤耗时具有明显优势，致使接近40%的出行者选择小汽车，占据绝对主导地位。

3.4 深入剖析到发通勤公共交通时耗不高的成因

针对通勤时段小汽车出行占比超过常规公交、轨道交通的现象，利用多元大数据剖析背后成因。

(1) 服务覆盖类成因：轨道交通未能直达覆盖出行需求旺盛区域。使用轨道站点800米覆盖范围与通勤需求旺盛区域进行叠加分析可得，高新南区现有轨道直达覆盖存在不足，尚有35%需求旺盛区域不在轨道站点800米覆盖范围内。

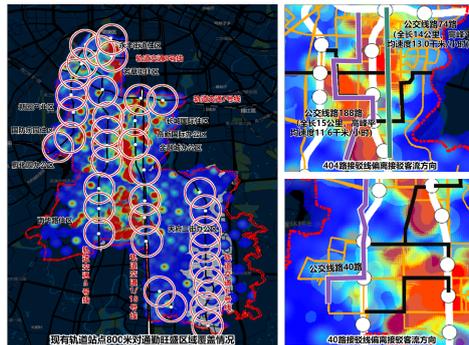


图 7 既有轨道站点服务覆盖及接驳线路走向

(2) 衔接融合类成因：现有常规公交线路未能充分发挥快速延伸轨道服务覆盖功能。一是现有公交线路平均长20.3公里，接驳时效难以保障；二是围绕轨道站开行的公交部分接驳线走向偏离需求旺盛区域。最后，现有接驳公共汽车运营能力未与轨道取得协同，高峰发车间隔20-30分钟、夜晚停运时间早于轨道交通等大幅制约其接驳能力。

(3) 设施供给类成因：共享单车接驳车辆供给不足。通勤时段常规公交、轨道站点周边共享单车取还具有“潮汐”特征，如早高峰位于岗位聚集区域站点取车数量普遍是还车数量的3-4倍，车辆供应不足导致大量慢行接驳时耗过长。

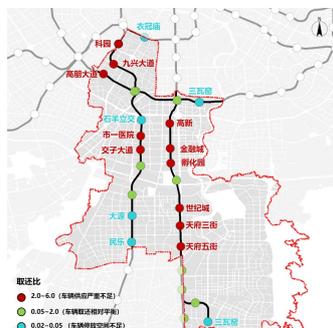


图 8 既有轨道站点早高峰共享单车车辆供应情况

(4) 环境品质类成因：“最后一公里”慢行接驳品质和效率亟待提升。针对常规公交、轨道站点周边路段街景数据进行分析可知，片区内高峰时段慢行接驳需求旺盛路径普遍存在

缺少机非隔离、通行空间被路边停车侵占等，致使慢行接驳安全性与舒适性较低，制约居民选择公共交通出行。

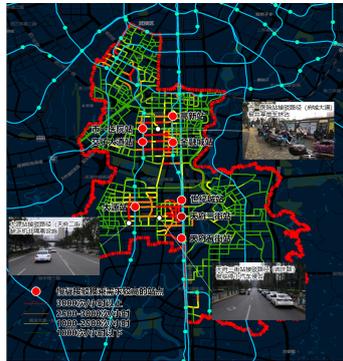


图9 早高峰慢行接驳需求旺盛路径空间品质情况

3.5 针对到发通勤多维度制定优化提升策略

目前，高新南区仍然处于快速发展阶段，大量高能级产业和新经济载体将会持续入驻高新南区，在增量空间紧张的阶段下，面对日益快速增长的出行需求，更应摒弃传统“车本位”依靠修路满足需求的优化思维，引导出行更多向绿色交通转移以及合理利用已有存量空间才是根本。其中，在绿色交通中，轨道交通具有运量大、速度快、准时等特征，理应成为绿色交通中承载通勤出行的核心载体。围绕上述认知，针对高新南区到发通勤的现状问题，以数据融合分析得到的人出行需求为指引，进行综合性的改善。

(1) 按需布置公交接驳线路，扩大轨道对出行旺盛区域的服务覆盖。根据研究显示，近 55%轨道乘客接驳目的地分布在轨道站点周边 1 公里的扇形区域范围内，约 28%乘客在两条并行轨道线之间进行转换。因此，围绕轨道交通站点，选取接驳需求旺盛路径布局“公交接驳环线”，布局“公交接驳横向线”串联两条并行轨道线路的站点。

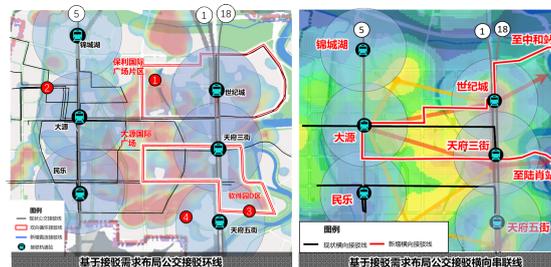


图10 围绕轨道站点和接驳需求布局公交接驳线

(2) 促进轨道与公交在运营层面协同，全面提升接驳换乘效率。首先，公交接驳线路运营长度控制在 5 公里以内。其次，充分利用轨道站点周边未出让商业用地叠建公交调度站，保障高峰时期公交接驳线路是轨道交通实现“同时段运营、同频率发车、同时间停运”。

(3) 结合轨道站点客流量进行共享单车智能调度，保障车辆供给满足接驳骑行需求。

针对早高峰位于岗位聚集区域轨道站点普遍“无车用”的情况，结合接驳换乘骑行需求，利用站点自身或周边公共配套建筑设置共享单车临时调度场所，实施及时的精准车辆调度管理。

(4) 改善轨道慢行接驳旺盛路段空间环境，提升慢行接驳优先性。根据手机信令测算显示，轨道乘客慢行接驳平均距离为 900 米，针对慢行接驳需求旺盛的路段，实施高峰时段路边禁停严管，确保非机动车道及人行道不被侵占；通过增设栅栏、施画实线等方式实线机非隔离，提升慢行接驳的安全性和路权独立性。



图 11 根据接驳慢行需求指引路径慢行优先权保障

4 结语

随着我国城市化进程继续推进，“以人为本”分析人的多元出行需求，以“集约发展”、“绿色低碳”的理念满足人的多元出行需求将成为城市核心区交通系统规划建设的核心要求。多元数据融合助力精准分析人本出行活动及出行需求，并精准指导集约发展”、“绿色低碳”改善策略落位。本文以成都高新南区为例，综合手机信令、公交刷卡、轨道刷卡等多元大数据，精准剖析人的出行特征及出行需求，并以此作为依据，对高新南区交通系统实施多维度提升策略，以期能够为今后开展大城市核心片区交通系统优化与改善提供借鉴。

参考文献

- [1] 杨涛,彭佳,俞梦骁,殷凤军.中国新城绿色交通规划方法与实践——以南京市南部新城绿色交通规划为例[J].城市交通,2021,19(01):58-64.
- [2] 王勇;何太洪.新城(区)交通规划方法及优化策略[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2020,7(14):15-20.
- [3] 龚迪嘉,胡秀琴.中心城区边缘区短距离出行的方式选择与优化——以温州市广化片区为例[J].城市交通,2019,17(03):84-95.
- [4] 王秋平,杨茜,孙皓.基于空间句法的西安市历史街区交通改善研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2020,7(14):15-20.

学版),2015,47(04):487-491.

[5] 徐磊青,夏正伟,吴晓.特大商业综合体片区交通支撑优化对策——以上海新天地商务区为例[J].城乡规划,2018,13(S2):101-108.

[6] 张玉一,赵云龙,祁刚.大城市商业区交通改善对策研究——以沈阳市太原街地区为例[J].规划师,2014,30(S1):106-110.

[7] 郑圣峰.重庆涪陵中心区交通改善思路与措施研究[J].规划师,2012,28(S2):17-21.

[8] 戚静,郭思臻,张宜华.商业中心交通的解决思路——以观音桥商圈为例[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2012,31(S1):586-588+718.

[9] 王其东.广州站交通枢纽片区交通规划与城市设计一体化规划探究[J].规划师,2017,33(12):131-135.

[10] 林涛.基于大数据的交通规划技术创新应用实践——以深圳市为例[J].城市交通,2017,15(01):43-53.

作者简介

蒋源，男，硕士，成都市规划设计研究院，主任规划师，工程师。电子邮箱：
nojiangpai@163.com

李星，男，硕士，成都市规划设计研究院，副总工程师，教授级高级工程师。电子邮箱：
19980513009@163.com

乔俊杰，男，硕士，成都市规划设计研究院，总工程师助理，高级工程师。电子邮箱：
844192390@qq.com

基金项目：四川省自然资源厅科研项目“基于多元大数据与综合交通模型的交通规划分析应用技术研究”（K1-2023-037）