

通勤圈视角下郊区新城铁路公交化的供需精准适配策略*

——以成蒲铁路为例

徐雷 刘冰 王方凯

Precise Supply-Demand Matching Strategy of Bus-Mode Railway Operation in Suburban New Towns from the Perspective of Commuting Circle: A Case Study of the Chengdu-Pujiang Railway

XU Lei, LIU Bing, WANG Fangkai

Abstract: The development of suburban new towns is pivotal to China's urbanization strategy. To facilitate the integration of suburban new towns into the commuting circles of central city through bus-mode railway operations and to improve railway operational levels, this paper proposes a framework for evaluating and formulating strategies based on "precise supply-demand matching" concept in bus-mode railway operations. The empirical study focuses on the Chengdu-Pujiang Railway, which connects the central area of Chengdu with its suburban Chongzhou New Town. Firstly, using data from multiple sources, the total amount of commuting trips and travel modes between the suburban new town and the central area are analyzed. Next, a detailed examination of railway commuter characteristics allows for an evaluation of supply-demand matching in bus-mode railway operations across four dimensions: scheduling, capacity, station accessibility, and transit connections. Several supply-side issues are identified, including insufficient peak-hour services, inflexible train capacities, complex ticketing procedures, and inadequate night-time bus services. From the perspective of optimizing the entire travel chain, the paper proposes strategies for "precise supply-demand matching" in bus-mode railway operations, including demand-driven approaches, full-chain efficiency improvement, dynamic adaptability, and innovations for service quality enhancement. The research provides additional insights and methodological guidance for commuting circle development and bus-mode railway operations in large cities.

Keywords: bus-mode railway operation; supply-demand matching; commuting circle; suburban new town; Chengdu-Pujiang railway

提 要 推进郊区新城建设是我国实施新型城镇化战略的重要举措。针对铁路公交化促进郊区新城融入中心城区通勤圈的规划实践,以提高铁路运营服务水平为目标导向,提出基于供需“精准适配度”的铁路公交化评估和策略制定框架,并以连接成都中心城区和郊区新城崇州的成蒲铁路作为案例研究。基于多源数据融合分析对郊区新城与中心城区的通勤总量和方式进行识别;结合铁路通勤人群特征的精细挖掘,从时辰、容量、场站、接驳等四个方面开展铁路公交化的供需适配度评价,发现高峰班次少、列车运力灵活性不足、检验票流程繁琐、夜间接驳公交缺失等一系列供给不匹配问题;并从出行全链条优化的角度,形成铁路公交化的“供需精准适配”策略及措施建议。总结提出“聚焦需求、全链提效、动态适配、创新提质”的铁路公交化发展建议,为大城市通勤圈建设和铁路公交化的提升提供思路与方法指导。

关键词 铁路公交化;供需适配度;通勤圈;郊区新城;成蒲铁路

中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.16361/j.upf.202405008

文章编号 1000-3363(2024)05-0055-09

作者简介

徐雷,同济大学建筑与城市规划学院博士研究生,上海同济城市规划设计研究院有限公司城市空间与交通规划设计所副总工程师、高级工程师,44492513@qq.com

刘冰,同济大学城市规划系,自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室,高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室教授、博士生导师,通信作者,liubing1239@tongji.edu.cn

王方凯,同济大学道路与交通工程教育部重点实验室高级工程师、博士研究生

1 通勤圈建设和郊区新城铁路公交化的发展诉求

1.1 1小时轨道通勤圈是构建现代化都市圈的重要支撑

都市圈是城市群内部以超大特大城市或辐射带动功能强的大城市为中心、以1小时通勤圈为基本范围的城镇化空间形态^①。郊区新城作为都市圈的重要组成部分,是新时

* 国家自然科学基金面上项目“基于客流均衡视角的轨道TOD走廊空间模式及其优化策略研究——以上海大都市区为例”(项目编号:52178052);上海同济城市规划设计研究院有限公司2024年教育部产学研合作协同育人项目“基于数字化技术的公共交通规划编制项目案例”(项目编号:231100155192902)

期我国完善城市化战略,推动多中心、组团化发展的重要举措,北京、上海、成都等超大城市在“十四五”期间均出台了支持郊区新城发展的政策文件^②。以通勤圈建设引领都市圈和郊区新城发展成为近年研究热点^{①-2},关于通勤圈的范围、空间活动特征等研究显著增长,如:柴彦威等^③提出了内城型、近郊型和远郊型等三种通勤圈空间组织模式;郭亮等^④利用手机大数据识别武汉市中心城区通勤圈的空间分布,并对圈层结构、内部构成及外部形态进行测度;伍毅敏等^⑤通过通勤率等指标识别进入北京通勤圈的主要环京区县,并提出通勤廊道、通勤子群划分、跨界通勤模式的规划建议。与此同时,“轨道上的都市圈”相关研究快速增加,以城市轨道交通与都市圈的关系为主^{⑥-9}。铁路支撑通勤圈建设的相关研究亦有开展,如王德利^⑩从空间布局、交通支撑、功能引导和机制保障等四个方面提出了市域(郊)铁路引领大城市“1小时通勤圈”建设的对策建议。

1.2 铁路公交通是新城融入区域空间网络的关键举措

为了有效带动郊区新城人口、功能集聚并融入中心城区通勤圈,构建便捷高效的交通体系成为关键^⑪。2019年2月《国家发展改革委关于培育发展现代化都市圈的指导意见》指出,“构建以轨道交通为骨干的通勤圈、大力发展都市圈市域(郊)铁路、优先利用既有资源开行市域(郊)列车”。2021年12月《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》进一步明确,“积极利用干线铁路、城际铁路提供通勤服务、增加列车停站数量和重要客流集散地的停站频率,鼓励高峰时段公交通运营,提高通勤服务质量”。党的十八大以来,城市群、都市圈发展带动的多尺度空间通勤需求显著增长,铁路公交通模式日益得到重视,京津冀、长三角、粤港澳、成渝等地开展了大量实践(表1)。从发展历程来看,其运输功能逐步由早期城际间点到点的商务出行服务向多层次、多功能的通勤出行服务转变。

铁路公交通通过最大化列车密度、便利化购票方式、便捷化乘车流程,营造近似于城市公交“随到随走”的出行

体验,进而极大提升铁路出行吸引力。对于郊区新城而言,铁路公交通化可以在减少交通基础设施大规模投资建设的情况下,实现与中心城区高效联动,并为通勤人群提供准时、舒适的出行服务。如上海金山铁路是国内第一条服务郊区新城与主城区通勤出行的公交通运营铁路,自2012年开通运营10年来,列车开行对数从15对/d增加至37.5对/d,客流量从1.3万人次/d增加至3.2万人次/d^⑫,通勤服务功能不断加强。

1.3 服务郊区新城的铁路公交通运营亟待提升服务适配度

伴随铁路多网融合技术的发展,以铁路公交通带动郊区新城融入中心城区通勤圈(下文简称“融圈”)的同城化模式极具发展潜力。关于铁路公交通化对策的既有研究大致可分为需求侧和供给侧两个方面:需求侧主要通过铁路客流OD^⑬、手机信令^⑭、乘客问卷调查^⑮等多源数据分析来考察铁路通勤人群特征,以此开展客群划分和客流预测;供给侧聚焦于铁路运营各个环节的瓶颈识别及其措施建议,如改善安检及验票流程^⑯、优化列车运行交路组织^⑰、创新票制体系^⑱、转变运营管理模式^⑲等。近年来,为了适应“融圈”通勤人群向多元化、异质性的演变趋势^⑲,通过开展铁路通勤需求的影响因素评估^{⑳-21},并有针对性地改善铁路公交通化服务的应用研究受

到重视:一是加强“站到站”环节的供需匹配,通过优化列车时刻表安排和停站方案,以满足各站点的客流需求^⑳;二是加强“居住地/工作地到站”环节的供需匹配,重点是基于“融圈”通勤人群职住分布的分析,提高接驳交通可达性^㉑;三是加强“通勤舒适度”的供需匹配,原因在于过高的车内拥挤水平将降低通勤幸福感^㉒,并会抑制通勤时间的复合利用^㉓。

总体上,在都市圈通勤出行增长的趋势下,精准分析“融圈”通勤出行需求并提供相适配的铁路运营服务,成为提升铁路公交通化措施成效的关键。尽管当前研究已从供给或需求的单一维度向二者的协同分析转变,但仍缺乏一个全面的“供需适配度”评估框架,导致“融圈”通勤需求分析和铁路公交通化的策略制定之间存在一定脱节,比如对于上下班时、可接受单程通勤时长等刚性通勤诉求的考虑不充分,也较忽视了乘客对通勤舒适度的要求等,因此难以实现铁路公交通化方案的精准适配。

基于上述背景,以连接成都中心城区和崇州新城的成蒲铁路为研究对象,从郊区新城“融圈”通勤视角出发,运用多源数据进行“融圈”通勤需求和铁路公交通化服务供给的“精准适配度”分析,以此有针对性地提出铁路公交通化提升对策,以期为我国大城市铁路公交通化的研究及实践提供借鉴。

表1 国内既有铁路公交通项目及分类
Tab.1 Existing bus-mode railway operation projects in China

区域	实施年份	项目名称	服务空间层次	主要出行目的
京津冀城市群	2008	京津城际列车	中心城市之间	商务
	2023	北京市郊铁路东北环线	中心城市主城区—郊区新城	通勤
长三角城市群	2012	上海金山铁路	中心城市主城区—郊区新城	通勤
	2017	宁波至余姚城际列车	中心城市主城区—郊区新城	通勤
	2022	连淮扬镇铁路	周边城市之间	商务
粤港澳大湾区	2021	广清城际、广州东环城际	中心城市—周边城市	商务
	2022	赣深高铁	中心城市—周边城市	商务
成渝城市群	2010	成灌铁路	中心城市主城区—郊区新城	通勤
	2017	成都至德阳动车公交通运营	中心城市—周边城市	商务
	2022	重庆西北环线	郊区新城之间	通勤
其他地区	2021	长株潭城际铁路	中心城市—周边城市	商务
	2021	郑汴焦城际铁路	中心城市—周边城市	商务
	2023	海南西环公交通旅游化铁路	中心城市—周边城市	旅游

2 研究方法与数据来源

2.1 案例基本情况

2023年，成都市委、市政府提出“加快打造郊区新城高效率通勤圈”的总体要求，崇州作为成都市重点发展的郊区新城之一，要求“加快提升成蒲铁路公交化运营水平，便利崇州与成都中心城区往返通勤出行”。崇州位于成都市域西部，距成都市中心（天府广场）直线距离约37 km，常住人口78万人。成蒲铁路是崇州连接成都中心城区的唯一铁路，于2018年建成运营，设计速度200 km/h，正线长度99 km，沿线设11座车站（图1）。2022年成蒲铁路与成都铁路枢纽环线贯通后，崇州站可实现与成都南站、成都东站直通运营。相比于传统铁路运营模式，成蒲铁路在设施方面已部分实现了公交化改造，如设置站台屏蔽门、采用CRH6A车型等，但在精准适

配通勤需求方面仍有较大提升空间。

2.2 研究范围界定

以崇州站1小时铁路等时圈分析^④（图2）为基础，综合考虑行政区划和就业地分布，划定本次研究范围。其中，居住地为崇州中心城区，工作地为成都中心城区五区（锦江区、青羊区、金牛区、武侯区、成华区）及高新区、天府新区。见图3。

2.3 研究方法

首先，通过多源数据和人群画像分析，识别崇州与成都中心城区往返人群的规模及其出行方式，挖掘“融圈”铁路通勤人群的出行选择偏好。其次，结合铁路班次及售票数据，从时辰、容量、场站、接驳等4个方面，深入分析铁路运营服务与崇州“融圈”通勤客流需求的精准适配情况，将“适配度”评估结

果作为铁路公交化优化策略制定的量化依据。技术路线见图4所示。

考虑郊区新城“融圈”通勤的全出行链构成，提出4项适配度指标，以此开展铁路公交化运营水平的评估，判断对“融圈”通勤需求的满足程度。

(1) 时辰适配度。分析对象为经停和非经停崇州站的所有班次，重点识别其中三类有通勤服务潜力的班次：一是该班次在崇州站经停，但运行时刻与“融圈”通勤人群的上下班时刻不匹配、无法保证准时到岗，可建议优化崇州站的经停时间；二是该班次在崇州站不经停，但其过境崇州站的时刻以及到达中心城区站点的时刻适合通勤人员出行，可建议在崇州站增加停靠；三是该班次已在崇州站经停，但在成都西、南、东等站的停靠数量少，可建议在成都中心城区增加停靠站点数。

(2) 容量适配度。若某一班次在发

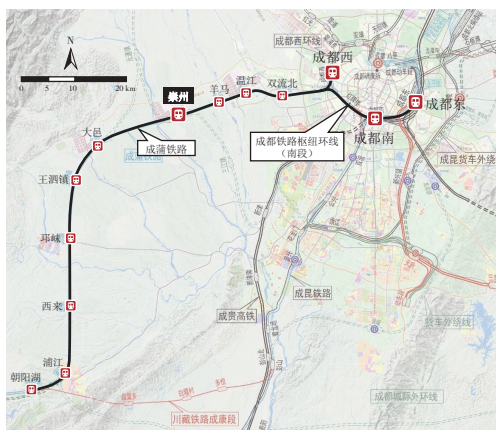


图1 成蒲铁路示意
Fig.1 Conceptual diagram of Chengdu-Pujiang railway

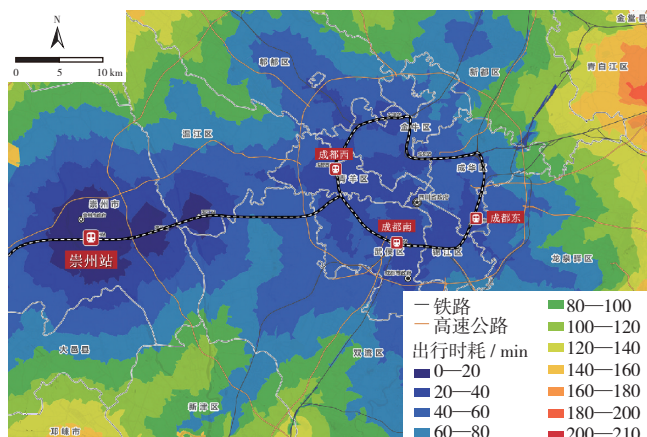


图2 以崇州站为起点的铁路出行等时圈分析
Fig.2 Isochrone analysis of railway travel from Chongzhou station

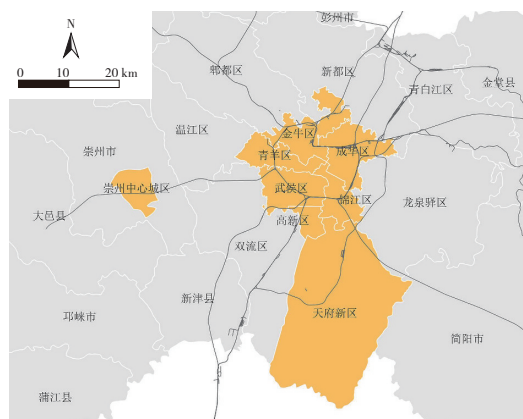


图3 研究范围示意
Fig.3 Illustration of research scope

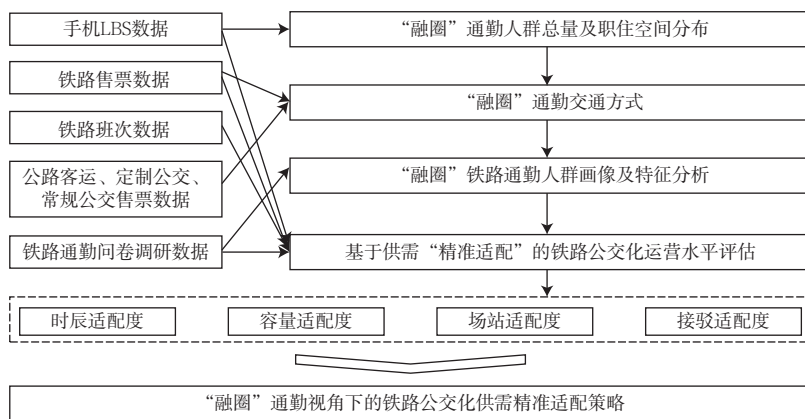


图4 研究技术路线
Fig.4 Research technical route

车时刻、停站方面均满足“融圈”通勤人群需求，则分析该班次自崇州站发车后（即崇州站的乘客上车完毕后）的列车满载情况，以判断列车容量是否满足需求。可通过满座率和满载率两个指标进行分析，计算公式为

$$\eta_1 = \frac{M}{S}, \eta_2 = \frac{M}{N}$$

其中： η_1 为列车满座率（%）， <1 代表有空余座位， ≥ 1 代表全部坐满，数值越大代表拥挤度越高； η_2 为列车满载率（%）， <1 代表列车有剩余容量， ≥ 1 代表已超过列车额定载客量，数值越大代表拥挤度越高； M 为列车旅客数量，人； S 为列车座位数，个； N 为可接受服务水平时的载客量，人，参照城市公共交通评价标准，按照列车额定载客量的70%计算^⑤。

(3) 场站适配度。将崇州站的进出站全流程时耗进行细化拆解，找出缩减时耗需重点优化的环节，主要包括接驳点至进出站闸机时耗、进出站闸机至站台各个环节时耗。同时对场站内空间品质及配套设施进行分析。

(4) 接驳适配度。对崇州站常规公交接驳情况进行分析，重点评价常规公交班次与铁路班次的时刻匹配程度。以接驳公交到站—列车发车、列车到站—接驳公交发车的“时间差”作为评价指标：如“时间差”满足进出站的必要构成时间且预留一定弹性，则表明接驳适配度良好；如“时间差”过大或过小，接驳适配度均有待提升。

2.4 数据来源

采用手机数据、交通运行数据和问卷调研相结合的方式，开展“融圈”通勤需求的融合分析。手机定位数据（location based services, LBS）从运营商获取，覆盖成都市域范围活跃的常住人口+流动人口，数据周期为2023年4月。铁路售票数据为铁路管理部门提供，包含成蒲铁路沿线所有站点的售票OD数据和进出站客流数据；公路客运、定制班车售票数据为运营公司提供；常规公交接驳地铁的客流数据为公交公司提供；以上4类数据周期均为2023年4月10日—16日。此外，自行组织开展了铁路通勤人群问卷调研，采取网络问卷、早晚高

峰期间崇州站乘客扫二维码填写等两种形式，累计回收有效问卷2913份。

3 崇州“融圈”铁路公交化出行需求分析

3.1 崇州“融圈”出行总量及方式结构

基于手机LBS数据，将工作日有稳定起讫点的规律性出行人群识别为通勤人群，判定其工作日的白天驻留地为工作地，夜间驻留地为居住地，并结合手机人群渗透率指标进行推算，得到实际通勤规模计算结果。分析得知，工作日崇州与成都中心城区的往返出行总量约2.81万人次/d，其中早高峰时段（7:00—9:00）崇州至成都中心城区方向、晚高峰时段（17:00—19:00）成都中心城区至崇州方向的“融圈”通勤总量为9633人次/d，由此得到“融圈”通勤人群规模为4000—5000人。从“融圈”通勤目的地来看，与崇州距离较近的成都西站附近占比高达48%；其次为办公、商业高度集中的成都南站附近，占比35%；成都东站附近因与崇州空间距离远，且产业集聚度不高，对崇州的出行吸引力相

对较低，占比仅17%。

根据崇州“融圈”通勤实际情况，交通方式包括自驾车、铁路、定制班车、公路客运、常规公交换乘地铁等5种类型。除自驾车外，其余4种方式均属于公共交通，根据售票数据统计得到相应的出行量，结合通勤人群总量估算结果，可得到5种“融圈”通勤方式的结构比例，即崇州“融圈”通勤出行方式总体呈现“自驾车为主、铁路为辅、多元化公交为补充”的格局，自驾车方式占比高达63%，铁路方式占比仅17.1%，相比于自驾车方式的竞争力明显不足。见表2。

分方式的出行目的地差异较大，铁路、自驾车等2种方式在可接受的通勤时耗内能够通达较大范围，具有较高的就业地选择权，故更倾向于选择岗位最集中的成都南站附近，占比分别达到48%和44%；公路客运、定制班车等2种方式受运营线路组织的影响较大；常规公交+地铁接驳因出行时效性较差，采用该种方式通勤的人群更加集中在成都西站附近。见图5。

表2 工作日崇州“融圈”通勤总量及方式构成比例

Tab.2 Commuting volume and modes for Chongzhou on weekdays

交通方式	崇州与成都中心城区全天往返出行总量/(人次/日)	“融圈”通勤出行量/(人次/日)	“融圈”通勤方式结构/%
铁路	4854	1646	17.1
常规公交+接驳地铁	4781	1320	13.7
公路客运	73	28	0.3
定制班车	910	572	5.9
自驾车	17 442	6066	63.0
合计	28 060	9633	100.0

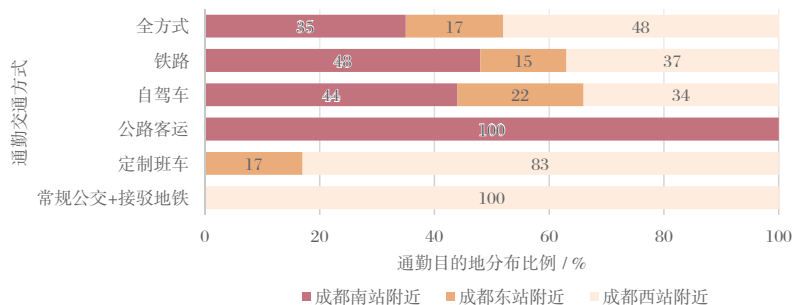


图5 工作日崇州“融圈”通勤出行目的地分布及不同方式差异

Fig.5 Commuting destinations and different travel modes for Chongzhou residents on weekdays

3.2 崇州“融圈”铁路通勤人群特征

结合问卷调查数据进行铁路通勤人群特征分析。其中：人群画像分析包括职业、上下班时间、可接受的最大单程通勤时耗等（图6）；接驳出行分析包括从家到铁路站的接驳方式及时耗、从铁路站到工作地的接驳方式及时耗等（图7）。

3.2.1 人群画像特征：职业稳定、工作时间固定、可接受1小时通勤

崇州“融圈”铁路通勤人群的职业以国家机关和企事业单位为主，两类人群占比高达74%。上下班时间总体较为固定，上班多为8—9点，下班多为17—18点。85%以上的“融圈”铁路通勤人群可接受单程最大时耗在60 min以内。

3.2.2 接驳交通特征

接驳方式：崇州站因无城市轨道交通服务，以出租车/网约车/私家车等个体机动化方式接驳为主（51.6%），常规公交接驳比例较低（仅16.1%）；成都中心城区3站则以轨道交通接驳为主（55.3%）。

接驳时长：崇州站和成都中心城区3站的平均接驳时长分别为18 min和25 min，20 min以内的接驳出行占比分别为66.2%和40.5%。根据12306班次信息，崇州站至成都西、南、东等3站的车内旅行时长分别为18 min、22 min、34 min。从“融圈”铁路通勤人群60 min以内的期望单程时耗来看，接驳效率有待进一步优化。

3.3 崇州铁路公交化运营的适配度评价

3.3.1 适合“融圈”通勤的班次少、密度低

分析早晚高峰时段崇州站的经停班

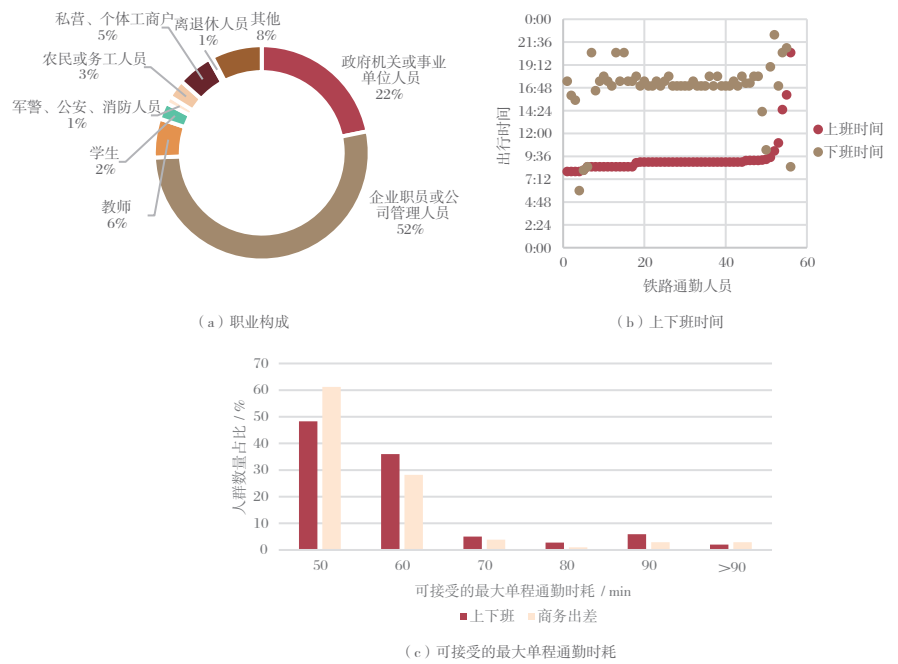


图6 “融圈”铁路通勤人群画像分析
Fig.6 Railway commuter profile analysis

表3 适合“融圈”通勤的崇州站经停班次

Tab.3 Stopover schedule of Chongzhou station for commuting trips

目的	班次	发车时间	抵达时间
早高峰上班	C3382	7:58 崇州站	8:20 成都南
	C6602	8:19 崇州站	8:37 成都西
	C3384	8:41 崇州站	9:03 成都南
晚高峰回家	C3366	17:32 成都南	17:55 崇州站
	C6637	18:01 成都西	18:22 崇州站
	D6194	18:42 成都东、18:59 成都南	19:22 崇州站
	C3372	20:15 成都南	20:39 崇州站
	C3462	21:05 成都东、21:25 成都南	21:49 崇州站
	C6643	21:22 成都西	21:38 崇州站
	C3376	22:05 成都南	22:29 崇州站

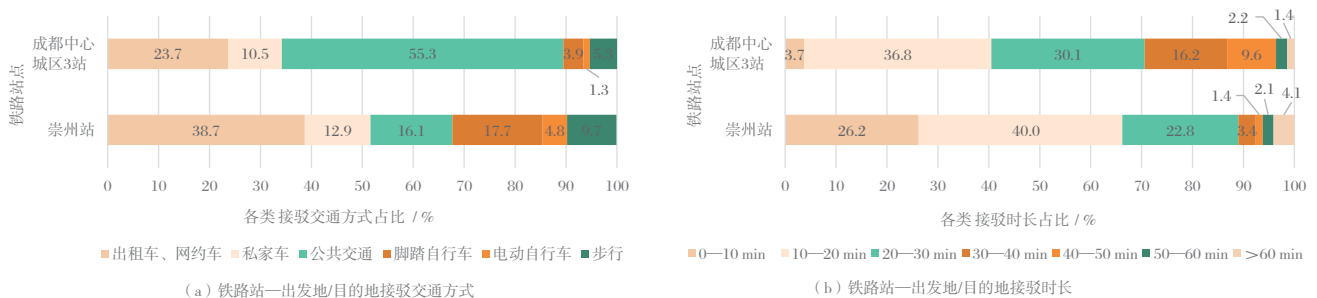


图7 铁路站点接驳交通特征分析
Fig.7 Analysis of feeder transportation for railway stations

次可知,存在“早班不够早、晚班不够密”的问题(表3)。早高峰时段崇州至成都中心城区方向,崇州站的第一班车为C3382(7:58崇州站—8:20成都南),难以满足8:30之前到岗的通勤人员时间要求。晚高峰时段成都中心城区至崇州方向,在D6194(18:42成都东、18:59成都南—19:22崇州站)和C3372(20:15成都南—20:39崇州站)之间无其他班次,导致19:00—20:00下班的崇州“融圈”通勤人员无合适班次出行。

此外,早高峰时段适合“融圈”通勤的班次数量偏少,至成都西站仅有1班,至成都东站无合适班次。根据列车开行密度,成蒲铁路现每日运行100列,经停崇州站仅46列,据此判断,增加既有班次在崇州站停靠,并提升与成都中心城区3站的联系密度有较大争取空间。

3.3.2 列车编组对客流的灵活适应性不足

从适合“融圈”通勤出行班次的列车编组情况(表4)来看,绝大部分为4节编组,仅D6194(成都东18:42—崇州19:22)为8节编组。根据铁路售票数据分析,上述班次的满载率均未达到上限,但部分班次满载率超过80%,车厢内较为拥挤;满座率普遍超过100%,说明崇州站的通勤旅客绝大部分需站立乘车,通勤体验较差。以早高峰崇州至成都中心城区方向为例,3个班次在到达崇州站前满载率均低于60%,其中:C3382(崇州7:58—成都南8:20)的满座率低于100%,仍有座位空余;崇州站乘客上车后,3个车次的满座率均高达150%左右,满载率在75%—80%,整体拥挤度较高。

3.3.3 安检验票流程繁琐,增加站内时耗

结合崇州站的进出站必要时间构成分析(图8),当前出站效率总体较高,仅需4 min左右。进站时耗约11 min,主要瓶颈为:允许进入站台候车的时间窗被严格限定在列车发车前11 min至列车发车前5 min,造成验票排队短时拥挤,极大降低了进站流畅性;安检和验票两个环节“分置”也增加了进站时耗和繁琐度。此外,场站内的配套服务尚不完善,无法为有富余时间的站内候车人群

提供办公、阅览、简餐、购物等场景,难以满足个性化和品质化需求。

3.3.4 夜间常规公交接驳缺失

现状与崇州站接驳的公交线路共34

条,但末班车时间均在18:30之前,晚于该时段的铁路班次到发人群均无接驳公交乘坐。根据崇州站各班次售票数据统计得知,18:30以后的崇州站到发旅客量

表4 适合“融圈”通勤班次的剩余容量分析

Tab.4 Analysis of excess capacity for commuting railway services

方向	班次	编组	抵达崇州站 前车内人数/人	离开崇州站 后车内人数/人	满载率/%		满座率/%	
					到站前	发车后	到站前	发车后
早高峰 上班	C3382	4	149	384	31	80	60	155
	C6602	4	261	371	54	77	105	150
	C3384	4	278	360	58	75	112	145
晚高峰 回家	C3366	4	430	267	89	55	173	108
	C6637	4	306	167	64	35	123	67
	D6194	8	517	186	54	19	104	38
	C3372	4	193	87	40	18	78	35
	C3462	4	404	282	84	59	163	114
	C6643	4	207	183	43	38	83	74
	C3376	4	230	175	48	36	93	71

注:4节编组和8节编组的固定坐席分别为248个、496个,最大容量分别为688人、1376人,可接受服务水平时的载客量分别为481人、963人

表5 崇州站夜间常规公交接驳需求分析

Tab.5 Analysis of nighttime bus connection demand of Chongzhou station

方向	班次	崇州站发车或 到站时刻	发送(到站)乘客数/ 人次	常规公交接驳需求/ 人次
崇州—成都中心 城区方向	C3418	19:00	96	15
	C3422	19:54	69	11
	C6686	20:22	81	13
	C3426	21:32	51	8
成都中心城区— 崇州方向	D6195	19:22	321	51
	C3372	20:39	127	20
	C6643	21:38	72	12
	C3462	21:49	55	9
	C3376	22:29	45	7
合计		—	917	147

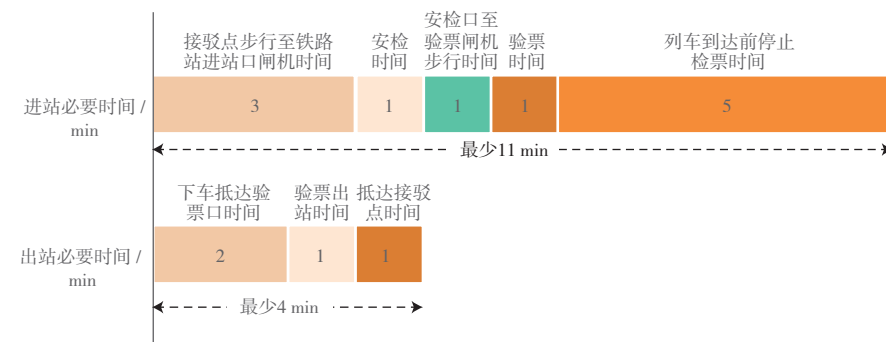


图8 崇州站进出站必要时间构成分析

Fig.8 Analysis of time composition for entering and exiting Chongzhou station

为917人次，其中发送旅客量297人次、到达旅客量620人次。参照现状崇州站常规公交接驳比例16%计算，夜间公交接驳需求约150人次（表5），针对此部分人群需进一步增加夜间接驳公交服务。

4 成蒲铁路公交化运营的“融圈”精准适配策略

针对成蒲铁路存在的班次受限、编组单一、查验繁琐、接驳不准等问题，需要以“供需精准适配”为原则，制定适应“融圈”通勤需求的铁路公交化提升策略，以有效发挥铁路在“轨道都市圈”中的作用。基于全出行链优化视角，从“优班次”和“优场站”两个层面提出供需适配度的提升对策，前者包括增加列车班次时刻的通勤时辰适配度、增加列车停站及编组的容量配置适配度（图9），后者包括优化候车流程的场站模式适配度、增加夜间公交的接驳换乘适配度（图10）。

4.1 增加高峰时段班次，强化时辰适配度

以适配通勤人群上下班时间为约束，对既有班次运行时刻提出优化建议，增加早晚高峰时段的通勤适宜班次数量。建议：将C3384班次（雅安—成都南站）崇州站发车时间由8:39提前至8:10，抵达成都南站的时间由9:03相应提前至8:34；将C6606班次（邛崃—成都西）崇州站发车时间由09:43提前至7:00—8:00时段。

对于在崇州站未经停但其运行时刻适宜崇州“融圈”通勤人群乘坐的班次，建议在崇州站增加停靠，如C3380班次（7:27邛崃—8:00成都南站）、C3382班次（7:03雅安—8:20成都南站）、C6639班次（18:30成都西站—18:48雅安）。

4.2 优化停站和编组安排，增加容量适配度

部分列车班次的运行时刻与“融圈”通勤人群上下班时间较为匹配，且已经在或可以在崇州站经停，建议此类班次进一步增加在成都中心城区3站的停靠密度，并结合客流量优化列车编组。如：将C3380班次（7:27邛崃—8:00成都南

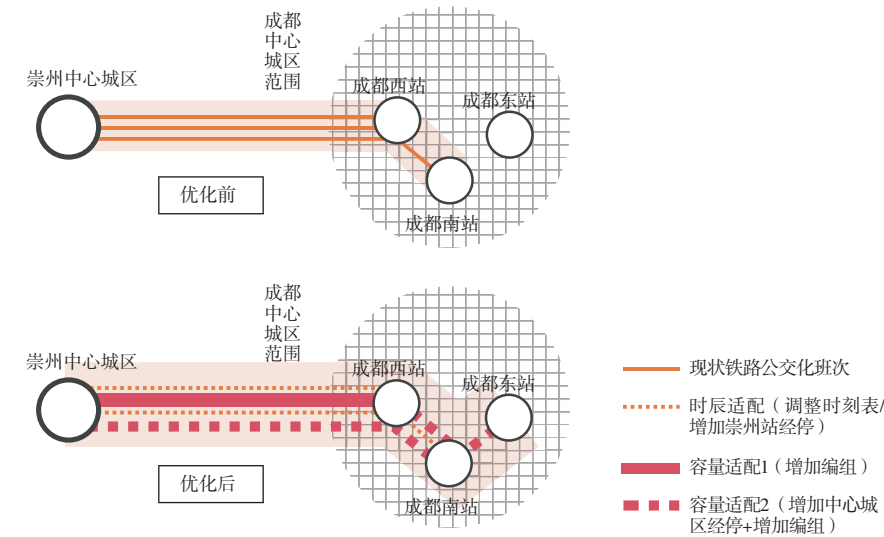


图9 “优班次”层面的铁路公交化提升策略

Fig.9 Bus-mode railway operation strategy in terms of railway schedule optimization

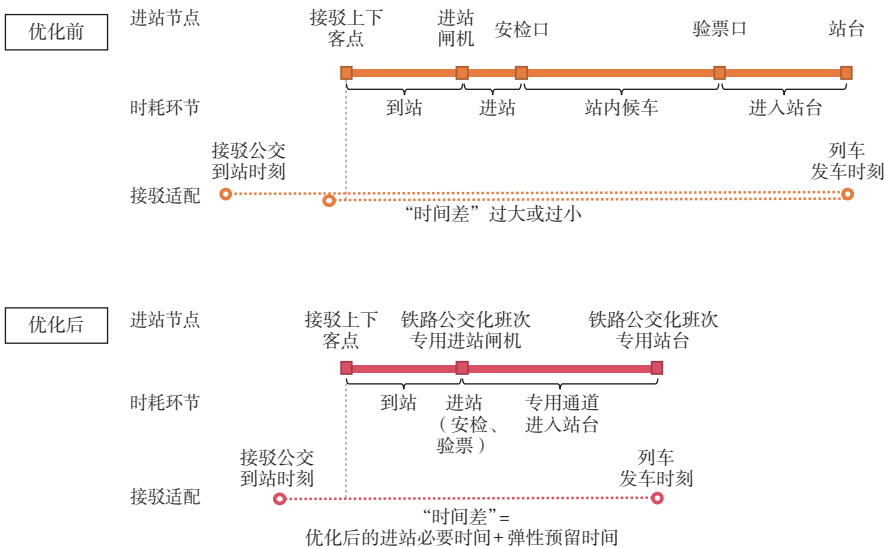


图10 “优场站”层面的铁路公交化提升策略

Fig.10 Bus-mode railway operation strategy in terms of railway station optimization

站)在崇州站经停并延伸至成都东站经停，由4节车厢编组增加为8节车厢编组；将C3382班次（7:03雅安—8:20成都南站）由成都南站延伸至成都东站经停，并由4节车厢编组增加为8节车厢编组，进而改善成都东站当前缺乏铁路通勤服务的短板。

4.3 优化站内候车流程，改善场站适配度

在当前“站厅候车+提前5 min 停止检票进站”的组织模式下，临近发车时刻到达的旅客极易错过车，成为目前进

站环节低效的主要原因。建议为“融圈”通勤铁路班次提供专用停靠站台，旅客可以提前到达站台候车，且不限定车次、随到随走；同时整合安检和验票流程，减少进站流线“阻断”次数。这样“融圈”通勤旅客的进站必要时间可从11 min 缩短至6 min 左右，显著提升进站效率和铁路出行“安全感”。同时需加强铁路公交化的场站配套改善措施，建议整合铁路售票厅、候车厅等空间，打造多元化场景，为乘坐铁路的时间富余人提供更多个性化服务。

4.4 衔接铁路到发客流, 提高接驳适配度

由18:30之后的崇州站到发列车班次及客流分析可知, 接驳交通需求具有“少而散”的特点, 建议通过加开公交夜班线的形式, 紧密衔接铁路班次时刻, 通过“时间差”的精准调控实现接驳适配度提升。按照“进出站必要时间+预留3 min弹性时间”的精准适配思路, 建议: 服务“离崇”旅客的常规公交车次, 在列车发车前9 min左右到达崇州站; 服务“返崇”旅客的公交车次, 在列车到站后7 min左右发车。结合对职住地分布的分析, 公交线路可采取“远近有别”的差异化组织模式, 远距离乘客通过快线实现“大站快达”, 近距离乘客通过短路径串联实现“门到门”直达。

5 结论

铁路公文化作为一种高效、经济、舒适的出行方式, 在当前我国大力推进郊区新城和通勤圈建设背景下具有显著的现实需求。本文对已实施公文化运营的成蒲铁路开展了成效分析, 从郊区新城“融圈”通勤视角出发构建了基于“供需精准适配”的铁路公文化评估分析框架, 为我国铁路公文化的研究及实践提供了新的技术方法。

铁路公文化的可持续运营取决于能否吸引到相对稳定的“融圈”通勤客群, 从崇州—成都中心城区的通勤出行来看, 与自驾车方式相比铁路通勤比例仍较低, 表明铁路公文化有较大的潜在客流, 但同时高峰时段的铁路运能已出现饱和, 影响了铁路公文化对郊区新城通勤出行的服务。要进一步发挥铁路公文化对通勤圈的支撑, 关键在于其供需精准适配的程度。除了要满足比肩小汽车通勤“效率”的共性要求, 还要关注乘客对出行“品质”“成本”的个性诉求, 以提供多样化产品来适应不同客群的多元需求。铁路公文化是大城市通勤圈实施多网融合、加强新城与中心城区联系的重要举措, 为了保障和提升其通勤服务功能, 建议从“聚焦需求、全链提效、动态适配、创新提质”等4个方面加强供需匹配。

(1) 聚焦需求。我国各个大城市的

通勤圈发育程度和郊区新城功能定位不一, 其影响范围内的郊区新城发展阶段各异, 导致“融圈”通勤人群构成和时空分布差异较大, 应注重“因城而异”, 合理把握需求研判重点, 如居住主导型新城需重点关注工作日早晚高峰的“融圈”通勤需求, 而教育集中型新城需重点关注周末学校与中心城往返的通学需求, 从而为铁路公文化的策略制定提供精准依据。

(2) 全链提效。铁路通勤具有多个环节, 除了关注列车内和车站内的时效性外, 两端的“最初一公里”和“最后一公里”也不容忽视。从“拓展通勤圈范围”的视角看, 在可接受的单程通勤时耗约束下, 提升车站接驳交通可达性、覆盖更多的职住空间^[26], 一定程度上也起到了扩大潜力“融圈”通勤人群规模、提升铁路公文化客流的作用。

(3) 动态适配。铁路公文化的实施将会吸引更多的通勤人群向铁路方式转化, 同时也为铁路站点带来了近似于城市轨道的TOD导向开发动力。在此过程中, “融圈”通勤人群的职住时空分布将持续变化, 定期开展需求演变规律分析、动态优化铁路公文化的实施方案同样十分重要。

(4) 创新提质。国际相关经验表明, 通勤这一过程本身具有的积极效用(positive utility of the commute)逐步得到认知^[27], 被视为“属于自我的放松时间”和“有价值的过渡期”^[28], 可通过对铁路公文化“品质+成本”的组合模式创新, 提供诸如“固定座位+适度提高票价”等舒适度优先的解决方案, 进一步巩固铁路通勤方式吸引力。

感谢崇州市委、市政府和当地铁路部门提供的数据支持。感谢张涵双、李佳、王玉佳、王舸洋、李莉、贾云翔、丰诗洋、金杨、曹娟娟在调查实施和数据分析中提供的大力协助。

注释

- ① 国家发展改革委关于培育发展现代化都市圈的指导意见(发改规划[2019]328号)关于现代化都市圈的定义。
- ② 2021年, 上海出台《关于本市“十四五”加快推进新城规划建设工作的实施意见》;

2021年, 北京出台《关于促进平原新城高质量发展提升平原新城综合承载能力的实施方案》; 2022年, 成都出台《关于做优做强中心城区、城市新区、郊区新城进一步完善城市功能的实施意见》。

- ③ 见“澎湃新闻”: 首创铁路公文化运营 上海金山铁路10年发送旅客8500万人次, 2022年9月28日, https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_20092699。
- ④ 研究范围划定以铁路1h等时圈分析为基础, 综合行政区划和实际出行情况进行修正。等时圈分析中的主要参数取值为: 铁路旅行车速参照铁路站的站间里程及运行时刻表计算, 按照110 km/h; 崇州范围接驳以常规公交计算, 旅行速度按照15 km/h; 成都中心城区范围接驳以地铁计算, 旅行速度按照35 km/h。
- ⑤ 以铁路公文化运营常采用的CRH6A动车组为例, 单节车厢座位数为62个、额定载客量为172人、文中定义的“可接受服务水平时的载客量”为120人。据此计算, 车厢内人数达到62人时“满座率”为100%, 车厢内人数达到120人时“满载率”为100% (可接受拥挤水平的上限), 车厢内人数介于120—172人时“满载率”大于100% (高度拥挤的“过饱和”状态)。

参考文献

- [1] 高国力, 邱爱军, 潘昭宇, 等. 客观准确把握1小时通勤圈内涵特征引领支撑我国现代化都市圈稳步发展[J]. 宏观经济管理, 2023(1): 26—32.
- [2] 汪光焘, 李芬, 刘翔, 等. 新发展阶段的城镇化新格局研究: 现代化都市圈概念与识别界定标准[J]. 城市规劃學刊, 2021(2): 15—24.
- [3] 柴彦威, 张雪, 孙道胜. 基于时空间行为的都市生活圈规划研究: 以北京市为例[J]. 城市规劃學刊, 2015(3): 61—69.
- [4] 郭亮, 郑朝阳, 黄建中, 等. 基于通勤圈识别的大城市空间结构优化: 以武汉市中心城区为例[J]. 城市规劃, 2019, 43(10): 43—54.
- [5] 伍毅敏, 李伟, 杜立群, 等. 北京通勤圈范围识别、特征与跨界通勤模式研究[J]. 规劃师, 2023, 39(6): 56—62.
- [6] 潘昭宇. 都市圈轨道交通规划建设关键问题研究[J]. 都市快轨交通, 2020, 33(6): 7—14.
- [7] 张艳, 辜智慧, 周维. 大城市职住空间匹配及其与轨道交通的协调发展研究: 以深圳

- 市为例[J]. 城市规划学刊, 2018(1): 99-106.
- [8] 陈弢, 潘海啸. 上海轨道交通与人口和就业岗位布局的耦合分析[J]. 城市规划学刊, 2020(5): 32-38.
- [9] 王晨, 蔡润林, 耿健, 等. 多网融合导向下的轨道交通TOD发展模式: 内涵、重点与体系: 以苏州为例[J]. 城市规划学刊, 2022(S2): 135-141.
- [10] 王德利. 市郊铁路建设与超大城市“1小时通勤圈”空间重构研究: 基于环京通勤圈的实证分析[J]. 城市问题, 2023(12): 70-77.
- [11] 居晓婷, 杜凤蛟, 熊健, 等. 上海五个新城: 全球城市区域视角下的功能体系优化提升[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 72-79.
- [12] 张红伟, 李文举, 任冲. 成蒲铁路旅客运输组织模式研究[J]. 高速铁路技术, 2011, 2(2): 42-46.
- [13] 王静, 赖艺欢, 刘剑锋. 基于乘客画像的市域(郊)铁路客流预测方法[J]. 城市交通, 2023, 21(2): 102-108.
- [14] 张阔, 黄鑫, 曲新苗, 等. 基于乘客需求分析的城际铁路“公交化”对策研究: 以京津城际铁路为例[J]. 现代城市研究, 2017(10): 81-88.
- [15] 邹明辉. 粤港澳大湾区城际铁路公交化运营模式探讨[J]. 铁道运输与经济, 2021, 43(4): 91-95.
- [16] 李捷, 杨柳文, 李欧阳. 长株潭城际铁路公交化运营创新策略[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(10): 1-5.
- [17] 孙嵘, 田沃, 姜志威. 深惠城际铁路公交化运营客票票制研究[J]. 铁道标准设计, 2023, 67(3): 17-21.
- [18] 胡晓丹, 宋元胜, 曹琳蔚. 既有线开行公交化列车的运营管理模式研究[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(8): 104-108.
- [19] GOSTENINA V, MELNIKOVA S, SY-CHEVA E, et al. Development of an optimization model for commuter train traffic (case study of the Bryansk region, Russia) [J]. Transportation Research Procedia, 2022, 63: 1034-1041.
- [20] RAHMAN M, AKTHER S. Intercity commuting in metropolitan regions: a mode choice analysis of commuters traveling to Dhaka from nearby cities[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2022, 148(1): 05021060.
- [21] SHANTZ A, CASELLO J, WOUDESMAC C, et al. Understanding factors associated with commuter rail ridership: a demand elasticity study of the GO transit rail network[J]. Transportation Research Record, 2022, 2676(8): 131-143.
- [22] SHI J, YANG J, YANG L, et al. Safety-oriented train timetabling and stop planning with time-varying and elastic demand on overcrowded commuter metro lines[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2023, 175: 103136.
- [23] ZUO T, WEI H, CHEN N. Promote transit via hardening first-and-last-mile accessibility: learned from modeling commuters' transit use[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2020, 86: 102446.
- [24] KUMAGAI J, WAKAMATSU M, MANAGI S. Do commuters adapt to in-vehicle crowding on trains? [J]. Transportation, 2021, 48: 2357-2399.
- [25] VARGHESE V, CHIKARAISHI M, KATO H. Analysis of travel-time use in crowded trains using discrete-continuous choices of commuters in Tokyo, Japan[J]. Transportation Research Record, 2020, 2674(10): 189-198.
- [26] TILAHUN N, THAKURIAH P V, LI M, et al. Transit use and the work commute: analyzing the role of last mile issues[J]. Journal of Transport Geography, 2016, 54: 359-368.
- [27] OKUBO T, KITANO N, MORIMOTO A. A transportation choice model on the commuter railroads using inverse reinforcement learning[J]. Asian Transport Studies, 2022, 8: 100072.
- [28] REDMOND L S, MOKHTARIAN P L. The positive utility of the commute: modeling ideal commute time and relative desired commute amount[J]. Transportation, 2001, 28: 179-205.

修回: 2024-08