文章编号：1003-1421(2026)07-0119-11
引用格式：徐雷，刘冰.时空分异视角下高速铁路站点“客流-班次”适配性评价及对策[J].铁道运输与经济，2026，48(7)：119-129.
XU Lei，LIU Bing. Evaluation and Countermeasures for Passenger Flow and Train Service Alignment at High Speed Railway Stations from Perspective of Spatiotemporal Differentiation[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(7)：119-129.

时空分异视角下高速铁路站点“客流-班次”适配性评价及对策

徐 雷[1,2]，刘 冰[1,3,4]

(1.同济大学 建筑与城市规划学院，上海 200092；2.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，上海 200092；3.自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室，上海 200092；4.高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室，上海 200092)

摘 要：在高速铁路发展由规模扩张转向质量效能提升的背景下，旅客出行需求的时空动态变化与运行图调整周期长、灵活性不足的矛盾日益突出，亟需从站点尺度对“客流-班次”供需适配关系开展精细诊断。基于站点客流OD数据和列车时刻表数据，构建“时间-空间-特定场景”三维度评价体系，并以岳阳东站为实证对象开展分析。结果表明：在时间维度，平峰日“早缺晚余”与高峰日“夜间返程难”的时间错配现象突出；在空间维度，高峰日面向区域核心城市的增量客流未得到精准响应；在特定场景维度，面向长途商旅客群的“标杆速达”“夜发朝至”等高时效性产品缺位。对此，相应提出分时精准调配、加密城际联系、提升商旅时效的优化策略。研究从站点视角为高速铁路班次服务精细化调整提供了可操作的量化工具，可为地级市高速铁路中间站开展运行评估与运行图精细化优化提供方法参考。

关键词：高速铁路；客流特征；供需适配；精细化运营；岳阳东站
中图分类号：U293.1 **文献标识码**：A **DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20251215003

Evaluation and Countermeasures for Passenger Flow and Train Service Alignment at High Speed Railway Stations from Perspective of Spatiotemporal Differentiation

XU Lei[1,2]，LIU Bing[1,3,4]

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Urban Space and Transportation Planning and Design Institute, Shanghai Tongji Urban Planning & Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 3. Key Laboratory of Spatial Intelligent Planning Technology, Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Shanghai 200092, China; 4. Key Laboratory of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat of Ministry of Education, Shanghai 200092, China)

Abstract: Under the background that the development of high speed railway shifts from scale expansion to quality and efficiency improvement, the contradiction between the spatiotemporal dynamic changes of passenger travel demand and the long adjustment cycle and insufficient flexibility of train working diagram has become increasingly prominent. Therefore, it is urgent to carry out a refined

收稿日期：2025-12-15
基金项目：国家自然科学基金项目(62073026)

diagnosis of the supply and demand alignment relationship between “passenger flow and train service” at the station scale. Based on the OD data of station passenger flow and train operation timetable data, a three-dimensional evaluation system of “time, space, and specific scenario” was constructed, and Yueyangdong Station was taken as an empirical object for analysis. The results show that in the time dimension, the time mismatch phenomenon of “shortage in the morning and surplus in the evening” on off-peak days and “difficulty in returning trips at night” on peak days is prominent; in the space dimension, the incremental passenger flow facing regional core cities on peak days is not accurately responded; in the specific scenario dimension, high-timeliness products such as “benchmark express” and “departing in the evening and arriving in the morning” facing long-distance business travel groups are absent. In response, optimization strategies of time-sharing accurate allocation, densifying intercity connections, and improving business travel timeliness were proposed. From the station perspective, the research provides an operable quantitative tool for the refined adjustment of high speed railway train services and can provide a methodological reference for carrying out operation evaluation and refined optimization of train working diagrams for intermediate stations of high-speed railways in prefecture-level cities.

Keywords: High Speed Railway; Passenger Flow Characteristic; Supply and Demand Alignment; Refined Operation; Yueyangdong Station

0　引言

随着“八纵八横”高速铁路网主骨架基本形成，高速铁路发展正由规模扩张转向质量效能提升的新阶段。旅客出行需求具有显著的时空异质性，而列车运行图调整相对滞后[1]，使得高铁站点“客流-班次”供需错配问题日益突出。如何基于客流时空特征开展列车班次精准优化，已成为当前高速铁路精细化运营亟待破解的关键问题[2]。

既有研究对高速铁路客流时空特征已开展较多探讨。受旅客出行偏好异质性影响[3]，客流在时间上呈现“峰谷脉冲”效应[4]，在空间上表现出“核心-边缘”极化特征[5-6]，但多数研究基于“日”尺度或线路层面展开，对站点层面的客流细粒度分异特征关注不足。在供需关系上，李致远等[7]发现路网整体存在较明显的资源利用不均衡现象；列车运行速度、停站结构对客流需求分布有显著影响，忽视这些要素易导致列车客座率偏低，形成无效供给[8]。在运行图优化实践中，当前多采用微调发车时刻[9]、停站方案[10]、交路衔接关系[11]等方式，实现对需求变化的周期性响应；亦有学者强调“需求牵引”在运行图优化中的作用[12-13]。总体上，尽管相关研究不断深化，但仍缺乏基于站点客流视角的班次优化策略，难以较好适配站点层面的真实出行需求。

为此，以岳阳东站为实证对象，从站点“客流-班次”适配性视角出发，构建“时间-空间-特定场景”三维度评价框架，通过精细识别供需错配的关键时段及流向，提出针对性优化策略，以期为高速铁路运营向“以流定车”的精细化转型提供借鉴。

1　研究对象及数据来源

1.1　研究对象

岳阳东站是京广高速铁路(北京丰台—广州南)自北向南进入湖南省境内的首座车站，自2009年投运以来客流规模持续增长，2024年到发总量达1 150万人次，既承担跨区域中长距离出行功能，又服务岳阳与长沙、武汉都市圈之间的城际联系需求。作为典型的地级市高速铁路中间站，岳阳东站在“八纵八横”高速铁路网络中具有较强的代表性，其运行图组织高度依赖干线过路列车，班次供给结构相对刚性，未能充分考虑站点层面客流在不同时段、方向的变化特性。上述情况使得岳阳东站成为刻画“需求弹性-供给刚性”矛盾的典型案例，有助于在站点尺度下开展供需适配问题的分析及策略研究。基于此，以岳阳东站为实证对象，对所构建的“客流-班次”供需适配评价框架进行验证。

1.2　数据来源

采用岳阳东站到发客流OD数据和班次时刻表数据进行整合分析。在需求侧，站点到发客流OD属于显示性偏好(Revealed Preference)数据，表征旅客在既有运行图和票额配给约束条件下的“有效需

求”，在铁路运输组织研究中可被用作出行需求的代理变量[14]。在供给侧，列车班次时刻数据能够直接反映站点班次服务的时间、密度及空间覆盖情况，可用于探讨服务供给的时空结构特征，并与需求侧形成可比分析。

具体而言：①站点到发客流OD数据为铁路部门提供，数据周期为2024年10月14日至27日(连续2周)，包含岳阳东站与全国任一铁路站点之间的分日期、分班次、分方向售票数据，共计23 991条有效记录，站点到发客流OD数据示例如表1所示；②站点班次时刻表数据，根据岳阳东站2024年三季度运行图班次信息，共涉及189个班次，包含166条日常线、5条周末线、18条高峰线，进一步通过铁路12306网站获取各班次的时刻表详细信息，站点列车时刻表数据示例如表2所示。

表1　站点到发客流OD数据示例

Tab.1　Example of OD data of arriving and departing passenger flow at station

上车日期	上车站	下车站	车次编号	运行区间	售票数/张
20241014	深圳北	岳阳东	G1002	深圳北—武汉	18
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20241014	岳阳东	武汉	G1002	深圳北—武汉	23

表2　站点列车时刻表数据示例

Tab.2　Example of station train operation timetable data

车次编号	车站名称	到达时间	发车时间
G1002	深圳北	—	6:36
G1002	广州南	7:05	7:16
⋮	⋮	⋮	⋮
G1002	岳阳东	10:40	10:43
G1002	武汉	11:34	—

数据预处理包含2个环节：一是数据清洗，考虑高峰线多用于应对节假日极端客流，其开行依赖于临时调度，不属于日常服务范畴，故在分析中予以剔除，仅保留日常线和周末线作为分析对象；二是数据整合，根据售票日期和车次编号，将对应车次的时刻表信息逐条匹配至客流记录，进而构建形成包含到发客流OD与班次时刻表的综合数据库，为后续适配性分析提供基础。

2　研究方法

通过构建“时间–空间–特定场景”三维度评价框架，实现对站点层面“客流–班次”供需适配性的整体分析与问题诊断。研究框架如图1所示。

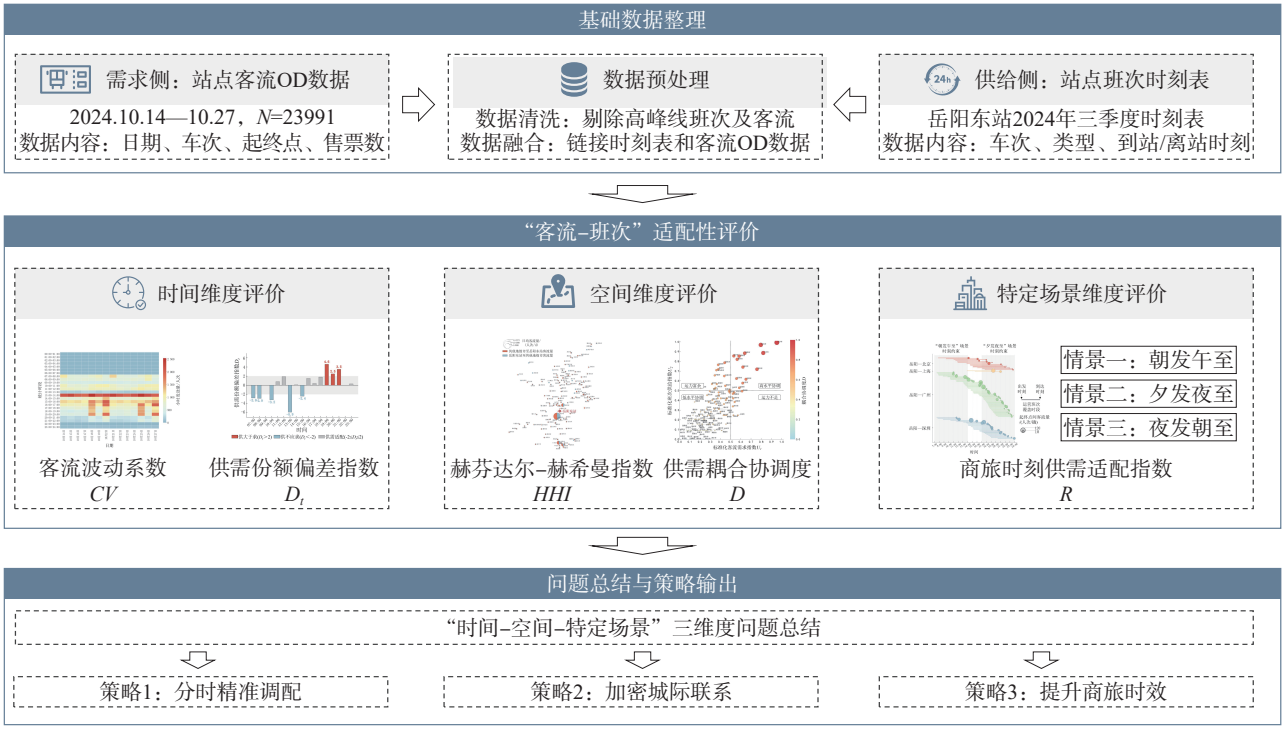


图1　研究框架

Fig.1　Research framework

2.1　时间维度评价

2.1.1　客流时间波动特征分析

客流时间波动特征主要从周期波动性、日内波动性2个方面分析。其中，周期波动性通过对比一周内各日客流总量变化情况，总结平峰日、高峰日分布规律及客流差异。日内波动性通过客流波动系数(Coefficient of Variation，CV)进行量化测度，该指标在出行客流分析中得到广泛应用[15-16]，可表征客流在全天各时段的不均匀程度，计算公式为

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \tag{1}$$

式中：CV为客流波动系数，数值越大表明客流分布越不均匀，波动性越强，反之则表明客流分布越平缓；σ为当日高速铁路运营各时段客流量的标准差；μ为各时段客流量的平均值。

2.1.2　供需份额偏差指数测度

为评价典型日“客流-班次”适配程度，引入供需份额偏差指数(Supply-Demand Share Deviation Index) D_t，测度特定时段t内班次供给份额与客流需求份额的差值，用以评价运力配置结构的合理性，计算公式为

$$D_t = P_{st} - P_{qt} = \left(\frac{S_t}{S_{\text{day}}} \times 100\right) - \left(\frac{Q_t}{Q_{\text{day}}} \times 100\right) \tag{2}$$

式中：P_{st}为时段t的班次供给份额；P_{qt}为时段t的客流需求份额；S_t为时段t的停靠班次数；S_{day}为全天总停靠班次数；Q_t为时段t的客流量；Q_{day}为全天总客流量。结合实际运营数据，以1 h为时段划分单元，将[-2，2]视为供需适配合理区间：若$D_t > 2$，表示该时段供大于求，存在运力资源冗余；若$D_t < -2$，表示该时段供不应求，存在运力资源缺口。通过分别计算高峰日和平峰日、到达方向和离开方向的D_t值，可直观识别运力配置的错位时段。

2.2　空间维度评价

2.2.1　客流分布集中度分析

采用赫芬达尔-赫希曼指数(Herfindahl-Hirschman Index，HHI)表征站点客流空间分布的集中程度。HHI值是经济学中衡量产业市场集中度的经典指标，在交通研究中常用于表征客流空间集聚特征[17]，计算公式为

$$HHI = \sum_{i=1}^{n} (s_i)^2 \tag{3}$$

式中：n为高铁站可通达的目的地城市总数；s_i为高铁站与第i个目的地城市之间的客流量占该站客流总量的百分比数值。

HHI的取值范围为[0，10 000]，越接近0表明目的地越分散；越接近10 000表明客流越高度集中于少数目的地。借鉴市场集中度判别标准[18]，$HHI < 1\,500$表明客流分散，$1\,500 \leqslant HHI \leqslant 2\,500$表明客流较为集中，$HHI > 2\,500$表明客流高度集中。通过分别计算高峰日和平峰日、到达方向和离开方向的HHI，可对比分析客流空间集中度的分异特征。

2.2.2　高铁站与其他城市之间的供需耦合协调度评价

供需耦合协调度模型用于分析多系统之间相互作用、影响的程度[19]。基于该模型，可测度高铁站与其他各城市之间“客流-班次”的耦合协调关系。模型包含2个子系统：U_1代表客流需求系统，选取指标为站点至某地级市的客流量；U_2代表班次服务系统，选取指标为站点至某地级市的班次数量。在对指标进行标准化处理后，计算2个系统的耦合协调度得分，计算公式为

$$C = \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{\left(\frac{U_1 + U_2}{2}\right)^2}} \tag{4}$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \tag{5}$$

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{6}$$

式中：C为耦合度，反映U_1，U_2两系统之间的互动强度或离散程度；T为耦合协调发展指数，反映2个系统整体互动水平；α，β为权重系数，代表U_1，U_2两个系统在评价中的重要程度，本次研究取$\alpha = \beta = 0.5$；D为耦合协调度，介于[0，1]之间，值越高表明站点至该目的地的“客流-班次”适配性越好、耦合协调水平越高。

2.3　特定场景维度评价

本次研究聚焦时间价值敏感度较高的长途商旅场景，选取与岳阳经济联系紧密、承载稳定商旅需求的北京、上海、广州、深圳作为典型目的地城市，评价岳阳与上述4座城市工作日长途商旅出行的“客流-班次”适配性。

2.3.1　典型长途商旅情景构建

长途商旅客群具有显著的时间约束性和效率导

向性特征[20-21]，其出行决策不仅关注旅行时间长短，更注重出发、到达时刻是否占用工作时段，以及与商旅活动时间安排的匹配程度[22]。为此，从日程匹配视角构建“朝发午至”“夕发夜至”“夜发朝至”3类典型长途商旅情景，3类典型长途商旅情景如表3所示，并设定差异化时刻约束条件，表征商旅客群关注的“当日往返、尽量减少工作时间占用”等行程需求。

2.3.2　典型长途商旅情景“客流-班次”适配性评价

引入商旅时刻供需适配指数R，刻画在典型长途商旅情景的时刻约束条件下，各时段内班次供给与客流需求的同步程度。以小时为基本时段单元，计算各时段内满足情景时刻约束的班次占比S_i和发送客流量占比D_i，采用皮尔逊相关系数衡量两者的同步程度，计算公式为

$$R=\frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i-\bar{S})(D_i-\bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(S_i-\bar{S})^2\cdot\sum_{i=1}^{n}(D_i-\bar{D})^2}} \tag{7}$$

为避免无班次时段导致的“零-零一致性”偏误，相关系数仅在至少有1趟班次的时段内计算。R越高，表明该时段内长途商旅出行的“客流-班次”适配性越好，参照统计学中的相关系数判读经验，对R进行分级：高度适配($R\geqslant 0.8$)、较好适配($0.5\leqslant R<0.8$)、一般适配($0.3\leqslant R<0.5$)及适配性差($R<0.3$)。

此外，进一步计算典型长途商旅情景下满足时刻约束条件的班次密度F，与R值形成互补诊断。

3　岳阳东站客流时空分异特征分析

3.1　客流呈现周期性波动特征

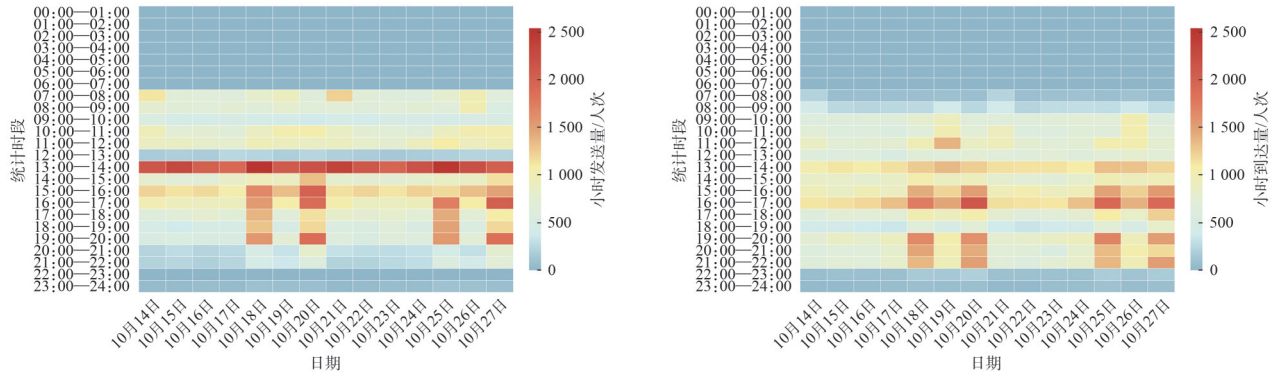
岳阳东站分日、分小时、分方向客流波动特征如图2所示。周一至周四为平峰日，平均发送和到达客流分别为11 122人次/d、10 631人次/d；周五至周日为高峰日，平均发送和到达客流分别增至15 047人次/d、14 900人次/d，高峰日客流为平峰日1.38倍。这种“周末脉冲”效应，反映出岳阳东站客流需求在一周尺度上呈现周期性波动特征，高峰日与平峰日客流水平差异显著。

从日内小时波动特征看，高速铁路运营时段(7:00—24:00)的客流峰谷特征差异凸显。发送客流(离岳方向)呈现“早高峰显现、午间高度集中”特征，7:00—8:00形成近800人次/h的小高峰，随后在13:00—14:00达到全天最高峰2 186人次/h，20:00后客流迅速回落。到达客流(来岳方向)呈现“起步

表3　3类典型长途商旅情景

Tab.3　Three types of typical long-distance business travel scenarios

情景名称	出行时刻约束条件	情景设定说明
朝发午至	上午出发、中午14:00前到达	以中午前到达为约束，保障当日下午可开展商务活动，强调当日工作时段的有效利用
夕发夜至	下午17:00后出发、夜间24:00前到达	以不占用白天工作时间为导向，完成工作后当日出发并夜间抵达，便于次日上午开展商务活动
夜发朝至	夜间出发、次日6:00—08:00到达	通过夜间出行，最大化减少对白天工作时间占用，适用于远距离目的地商旅出行



a　发送量分析
a　Departure volume analysis

b　到达量分析
b　Arrival volume analysis

图2　岳阳东站分日、分小时、分方向客流波动特征

Fig.2　Passenger flow fluctuation characteristic by day, hour, and direction at Yueyangdong Station

晚、峰值后移、夜间持续高位”特征，上午客流量总体较小，下午13:00逐步增多，最高峰16:00—17:00达到1 435人次/h，20:00—22:00保持在1 000人次/h高位，相较于发送客流具有明显的“夜间拖尾”效应，表明存在较多的夜间返程客流。

岳阳东站日客流均值和客流波动系数*CV*如图3所示。研究发现，*CV*在0.50至0.64之间波动，高峰日呈现“高均值、高离散”叠加特征，反映出高峰日客流并非均匀增长，特定时段的客流增量远超全天平均水平。

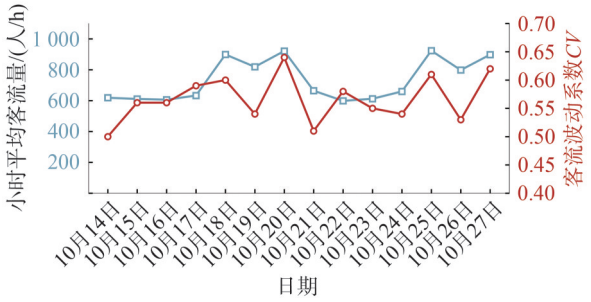


图3　岳阳东站日客流均值和客流波动系数

Fig.3　Daily mean value of passenger flow and passenger flow fluctuation coefficient at Yueyangdong Station

3.2　武广走廊沿线强联系和周末极化效应凸显

岳阳东站与其他地级市铁路客流空间分布如图4所示，总体呈现“高稳定、强走廊”特征。无论平峰日还是高峰日，客流均高度集中于武广走廊沿线核心城市，长沙、广州、武汉、深圳稳居客流联系强度前4位。省会长沙市“首位度”特征突出，平峰日岳阳东站与长沙的双向客流量达到0.91万人次/d、占比41.9%，高峰日增至1.43万人次/d、占比47.7%，远高于联系第二紧密的广州(客流占比10%左右)，表明岳阳与长沙之间已形成紧密的同城化联系特征。相比之下，至长三角、京津冀客流占比较低，岳阳东站与北京、上海的双向客流量分别为300~400人次/d、200~300人次/d。

岳阳东站不同典型日客流*HHI*结果如表4所示。平峰日*HHI*为2 051.33，表明空间分布已处于较高

表4　岳阳东站不同典型日客流的*HHI*结果

Tab.4　*HHI* result of passenger flow on different typical days at Yueyangdong Station

出行方向	平峰日*HHI*	高峰日*HHI*
离岳方向	2 018.10	2 623.83
来岳方向	2 089.22	2 460.97



a　平峰日岳阳东站与其他地级市到发客流量

a　Passenger volumes between Yueyangdong Station and other prefecture-level cities on off-peak days



b　高峰日岳阳东站与其他地级市到发客流量

b　Passenger volumes between Yueyangdong Station and other prefecture-level cities on peak days

图4　岳阳东站与其他地级市铁路客流空间分布

Fig.4　Spatial distribution of railway passenger flow between Yueyangdong Station and other prefecture-level cities

集中水平；高峰日 *HHI* 进一步上升至2 541.16，突破了通常视为“极高寡占型市场”临界值(2 500)。这一变化表明，周末增长的客流并未均匀扩散，而是呈现向核心节点极化集聚特点。数据分析证实，岳阳东站与长沙、广州、武汉、深圳4座城市的客流合计占比由平峰日69.4%增至高峰日73.9%，验证了高峰日客流向核心城市集聚的规律。

4　岳阳东站“客流-班次”供需适配性评价

4.1　分日及分方向存在差异化供需错配现象

岳阳东站分小时客流量占比和班次数占比分析如表5所示，运力供给在日内时段分布相对固定，而客流需求在“离岳方向—来岳方向”“平峰日—高峰日”之间差异显著，导致了不同类型的供需错配。典型日的供需份额偏差指数计算结果如图5所示。

表5　岳阳东站分小时客流量占比和班次数占比分析　%

Tab.5　Analysis on proportion of hourly passenger volume and proportion of train service number at Yueyangdong Station

统计时段	平峰日				高峰日			
	来岳方向		离岳方向		来岳方向		离岳方向	
	客流	班次	客流	班次	客流	班次	客流	班次
7:00—08:00	1.1	2.3	7.1	4.3	0.5	2.5	5.3	4.5
8:00—09:00	2.8	3.5	6.4	3.5	2.0	3.4	4.8	3.4
9:00—10:00	6.2	4.3	4.3	4.3	5.2	4.8	3.0	4.0
10:00—11:00	6.2	4.4	6.8	3.6	5.3	5.4	6.5	5.4
11:00—12:00	7.4	7.7	7.5	8.3	6.8	7.5	6.3	8.1
12:00—13:00	5.9	4.2	1.6	3.5	4.8	4.1	1.4	3.4
13:00—14:00	10.4	12.6	19.1	13.2	8.6	12.2	15.0	12.8
14:00—15:00	7.4	7.1	6.9	7.0	6.3	6.8	6.7	6.7
15:00—16:00	8.8	9.5	10.4	8.0	9.4	9.2	10.0	7.8
16:00—17:00	11.2	9.3	8.4	9.9	11.8	8.8	10.3	9.4
17:00—18:00	6.7	7.1	6.6	7.0	6.8	6.8	7.1	6.7
18:00—19:00	3.6	7.1	4.6	6.4	4.4	7.5	6.9	6.7
19:00—20:00	7.9	9.1	5.1	9.7	9.4	8.8	9.2	9.4
20:00—21:00	6.5	4.9	2.4	4.9	8.3	5.4	3.4	5.4
21:00—22:00	6.8	5.6	2.1	5.6	8.5	5.4	3.5	5.4
22:00—23:00	0.8	0.7	0.0	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0
23:00—24:00	0.4	0.7	0.4	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7

（1）离岳方向。高峰日供需适配程度总体较好，D_t值处于合理波动范围内。然而，平峰日“客流-班次”存在明显时段错位：上午7:00—9:00及10:00—11:00、下午13:00—14:00及15:00—16:00时段，D_t值均小于-2，这4个时段聚集了大量出行需求，但对应班次供给份额较低，构成了平峰日主要运能缺口；与之形成对比的是，平峰日夜间19:00—22:00连续出现$D_t>2$的高值，该时段班次保持了一定密度，但客流需求显著回落，导致运力资源未充分利用。

（2）来岳方向。无论平峰日还是高峰日，13:00—14:00、18:00—19:00两个时段的D_t值均大于2，表明存在运力富余。高峰日来岳客流呈现明显“晚峰”特征，导致16:00—17:00、20:00—22:00两个时段出现运力缺口，特别是高峰日20:00—22:00有较多返程客流，而该时段班次密度无法满足返岳需求。

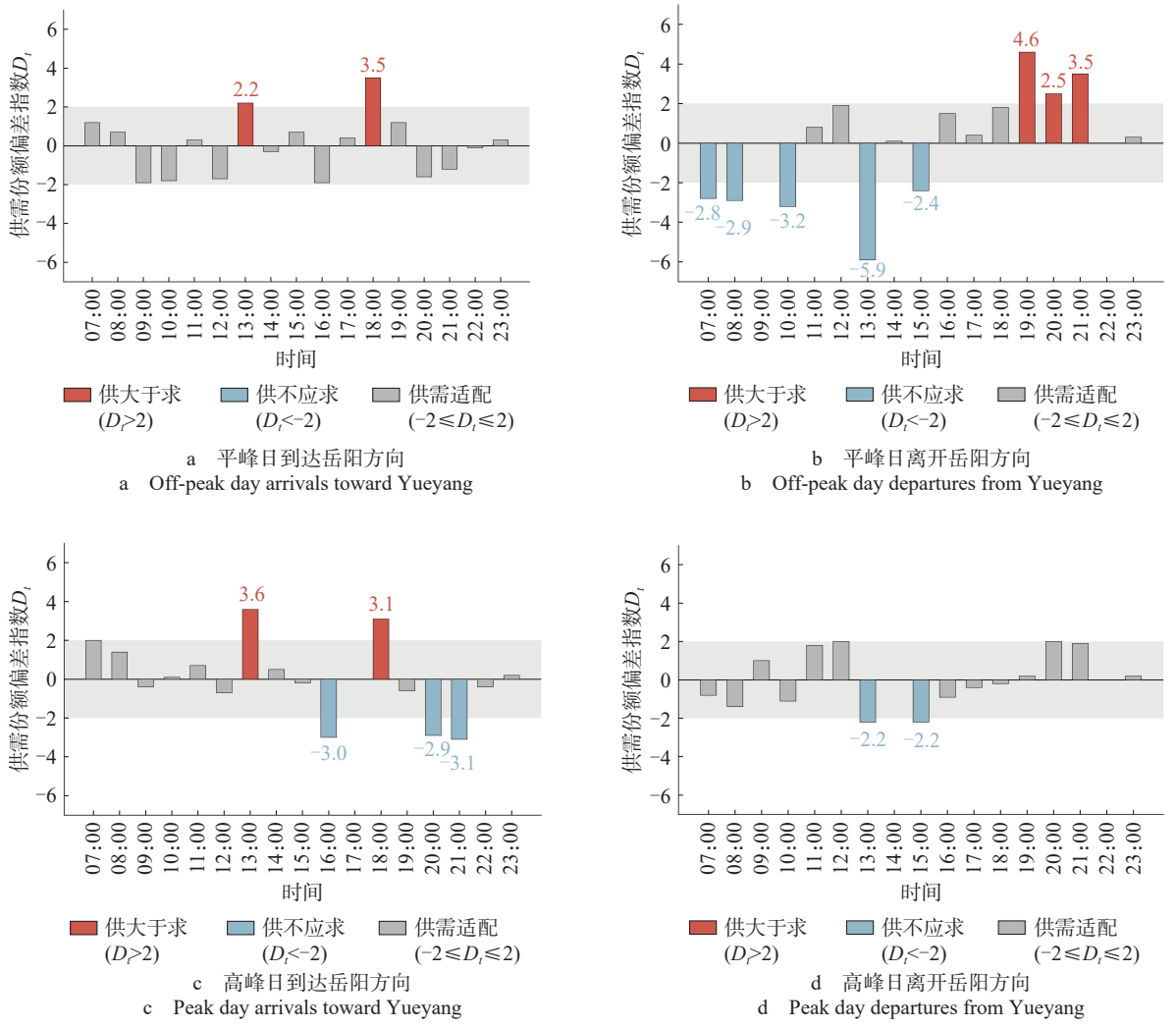
4.2　供需耦合协调度呈现4类典型模式

依据客流需求指数U_1与班次供给指数U_2关系分析，得到岳阳东站与其他地级市的高速铁路供需耦合协调度分析结果如图6所示。可将岳阳东站通达城市划分为4类典型的供需耦合协调模式。一是优质协调型，以长沙、武汉、广州、深圳为代表，无论平峰还是高峰，耦合协调度均稳定在0.85以上，表明面对庞大的客流需求，铁路部门配置了高密度班次资源予以响应，形成了“大流量-高频次”良性互动格局。二是运力滞后型，以上海、珠海为代表，供需剪刀差较大，意味着客流未得到充分服务，是后续运力增补的重点城市。三是运力过剩型，以韶关、信阳为代表，较多的联系班次并未形成预期客流，造成运力资源浪费。四是低水平协调型，该类型城市多处于“小客流匹配小运力”的初级平衡状态，高速铁路起到了保障城市间基本通达的作用。

此外，高D值虽表征较高的耦合协调度，但难以体现供给侧对需求波动的动态响应滞后问题。以长沙为例，高峰日客流需求增加了56.7%，但仅通过增开5条周末线予以微弱补充，难以充分保障乘客出行需求。根据2024年三季度时刻表数据，岳阳东站预留了18条高峰线资源，但通常仅在节假日极端客流情景下开启，常规周末多处于停运状态，这导致实际运营中高峰日部分时段“一票难求”的问题频现。

4.3　至京沪两地的商旅适配班次偏少

岳阳东站与北京、上海、广州、深圳联系班次、客流及长途商旅情景时刻约束条件分析如图7



a　平峰日到达岳阳方向
a　Off-peak day arrivals toward Yueyang

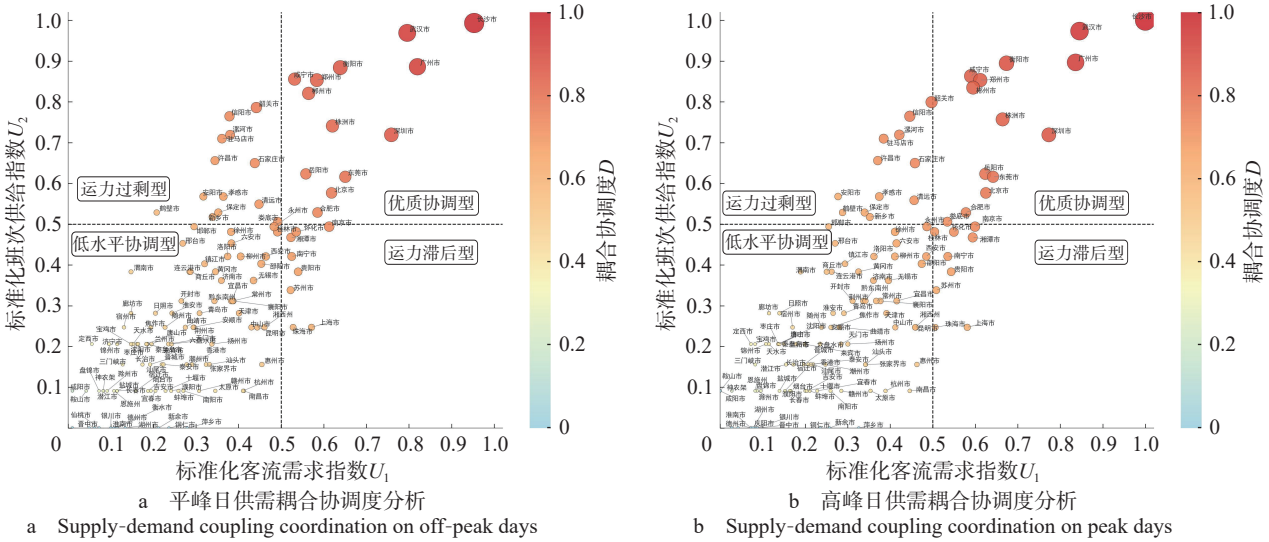
b　平峰日离开岳阳方向
b　Off-peak day departures from Yueyang

c　高峰日到达岳阳方向
c　Peak day arrivals toward Yueyang

d　高峰日离开岳阳方向
d　Peak day departures from Yueyang

图5　典型日供需份额偏差指数分析结果

Fig.5　Analysis result of supply and demand share deviation index on typical days

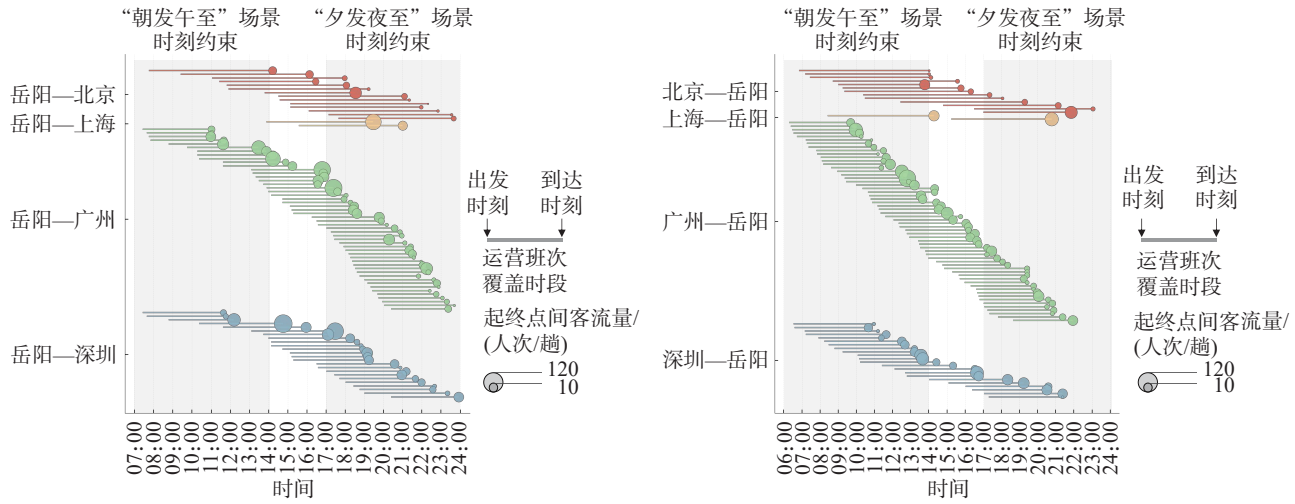


a　平峰日供需耦合协调度分析
a　Supply-demand coupling coordination on off-peak days

b　高峰日供需耦合协调度分析
b　Supply-demand coupling coordination on peak days

图6　岳阳东站与其他地级市的高速铁路供需耦合协调度分析结果

Fig.6　Analysis result of high speed railway supply and demand coupling coordination degree between Yueyangdong Station and other prefecture-level cities



a　离岳方向
a　Departures from Yueyang

b　来岳方向
b　Arrivals at Yueyang

图7　岳阳东站与北京、上海、广州、深圳联系班次、客流及长途商旅情景时刻约束条件分析

Fig.7　Analysis of train service, passenger flow, and long-distance business travel scenario time constraint condition between Yueyangdong Station and Beijing, Shanghai, Guangzhou, and Shenzhen

所示，长途商旅情景下的“客流-班次”适配性分析如表6所示，发现至广深方向服务较好，至京沪方向存在较大缺位。

（1）岳阳东站—广州、深圳：总体表现为较高适配性。离岳方向，岳阳东站至广州在“朝发午至”“夕发夜至”2个情景分别配置7趟和23趟列车，商旅时刻供需适配指数均超0.8；岳阳东站至深圳亦有3趟和8趟，夜间适配指数达0.91。来岳方向，广州至岳阳东站“朝发午至”班次密度2.29趟/h，适配指数达0.81。这种高频次与客流分布的高度同步，有力支撑了岳阳与大湾区高效商务互动。

（2）岳阳东站—北京、上海：适配性显著缺位。岳阳东站与上海在2个方向、不同商旅情景的班次密度及适配指数均为0，严重削弱了日间交流时效性。岳阳东站至北京“早发午至”班次同样缺失；虽在夜间有2趟离岳及1趟来岳班次，但班次密度小于0.3趟/h。可见，既有时刻表难以覆盖京沪商旅客群对特定场景需求，时空错位明显。

（3）岳阳东站至北京、上海、广州、深圳目前均无“夜发朝至”(夜间动卧)服务，商旅客群难以避让日间高价值时段，出行安排灵活性受限。

表6　岳阳东站长途商旅情景下的“客流-班次”适配性分析

Tab.6　Analysis on alignment of passenger flow and train service under long-distance business travel scenario at Yueyangdong Station

方向	长途商旅情景	联系城市	适合商旅情景的班次总数/趟	班次密度/(趟/h)	商旅时刻供需适配指数
离岳方向	朝发午至	广州	7	1.00	0.83
		深圳	3	0.43	0.68
		北京	0	0.00	0.00
		上海	0	0.00	0.00
	夕发夜至	广州	23	3.29	0.93
		深圳	8	1.14	0.91
		北京	2	0.29	1.00
		上海	0	0.00	0.00
来岳方向	朝发午至	广州	16	2.29	0.81
		深圳	9	1.29	0.74
		北京	1	0.14	1.00
		上海	0	0.00	0.00
	夕发夜至	广州	6	0.86	0.94
		深圳	2	0.29	1.00
		北京	1	0.14	1.00
		上海	0	0.00	0.00

5　优化建议

结合岳阳东站客流时空特征及城际、长途商旅等出行需求特点，在“客流-班次”供需适配性评价的基础上，从时间、空间、特定场景3方面提出优化策略，推动高铁站班次服务向精准适配转型。

5.1　分时精准调配

针对平峰日“早缺晚余”和高峰日“夜间返程难”的运力供给错位问题，建议提升小时粒度的运力配置合理性，实施基于供需份额偏差指数的精准调整。一是平峰日采取“运力前移”策略。鉴于平峰日离岳方向19:00—22:00存在明显运力冗余($D_t > 2$)，

建议削减该时段低效能班次，将运力资源重点加密至早间7:00—9:00、午间13:00—14:00等运能缺口时段，可有效填补长途商旅客群的出行时刻需求。二是高峰日采取“夜间延时”策略。针对高峰日来岳方向20:00—22:00客流集中但班次不足的现状，建议增开夜间临客或跨局联程列车，重点保障夜间返程高峰出行需求。

5.2　加密城际联系

顺应客流空间极化规律，运力配置应打破“均衡投放”惯性，实施向核心廊道倾斜的差异供给策略。针对高峰日长沙、武汉等方向客流增长但运力响应滞后问题，建议：一是充分激活高峰线储备资源，增加“常态化周末线”配置，改变仅依靠少量周末线补充的局面。二是实施核心廊道加密，对客流占比超过40%的岳阳—长沙区段，建议开行高频次城际列车，打造铁路公交化服务示范，支撑两城紧密交往需求；对于武汉、广州、深圳等省际高需求方向，实施定向班次增补。此外，可利用售票大数据建立动态监测机制，当重点方向预售率触及阈值时，自动触发高峰线投运或减停方案，实现运力动态增减。

5.3　提升商旅时效

针对岳阳东站至京沪方向长途商旅适配性缺位的问题，建议采取“补缺、加密、拓维”组合策略：一是填补“朝发午至”断层，增设1~2对标杆速达列车，确保清晨7:00—8:00始发并于中午前抵达目的地，满足当日商务活动需求；二是加密“夕发夜至”供给，增加17:00—19:00往返京沪的班次供给，提升班次密度至0.5趟/h以上，缓解供需错位；三是引入“夜发朝至”动卧服务，优先采取既有动卧列车在岳阳东站经停的实施方式，以降低长途商旅出行的整体时间成本。

6　结束语

在高速铁路发展转向质量效能提升的新阶段，对站点层面出行需求的精准响应及班次适配成为精细化运营的关键。地级市高速铁路中间站普遍具有客流方向集中、需求波动显著、班次结构依附干线运行图且调整弹性受限等特征，针对此类站点，构建的“客流-班次”适配性评价框架能够精准识别供需错配时段和方向，为站点运行评估及运行图优化调整提供决策支持。后续研究可引入手机LBS等多源数据识别潜在出行需求，并结合列车定员、站点席位配额等数据开展运能利用率分析，以进一步提升适配性分析的精细度和应用价值。

参考文献：

[1] 曲思源. 中国高铁运营组织综合管理实践创新与发展趋势[J]. 华东交通大学学报，2025，42(5)：58-70.
QU Siyuan. Innovations and Development Trends in China's High Speed Railway Transportation Organization[J]. Journal of East China Jiaotong University，2025，42(5)：58-70.

[2] HAN C，ZHOU L S，BAI Z X，et al. An Integrated Approach to Schedule Passenger Train Plans and Train Timetables Economically under Fluctuating Passenger Demands[J]. Sustainability，2025，17(6)：2703.

[3] 肖　瑶，谭宇燕. 基于旅客多维异质性的高速铁路客流分配方法研究[J]. 铁道运输与经济，2025，47(7)：74-85.
XIAO Yao，TAN Yuyan. Passenger Flow Assignment Method of High Speed Railway Based on Passengers' Multidimensional Heterogeneity[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(7)：74-85.

[4] 李修岭，吕　刚. 基于兰州西站的客流特征分析研究[J]. 中国储运，2025(11)：130-131.

[5] 韦　胜，袁锦富，徐建刚，等. 京沪高铁站点客流时空分布特征分析[J]. 地域研究与开发，2018，37(1)：54-57，64.
WEI Sheng，YUAN Jinfu，XU Jiangang，et al. Analysis on Space-Time Distribution Characteristics of Passenger Flow along Beijing-Shanghai High Speed Railway Stations[J]. Areal Research and Development，2018，37(1)：54-57，64.

[6] 钟　靖，邓　琪，周　军. 深圳与粤港澳大湾区城市间铁路客流特征研究[J]. 交通与运输，2024，37(S1)：152-155.
ZHONG Jing，DENG Qi，ZHOU Jun. Railway Passenger Flow Characteristics between Shenzhen and Cities in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Traffic & Transportation，2024，37(S1)：152-155.

[7] 李致远，陈钉均. 基于AHP-广义模糊软集的列车运行图评价[J]. 综合运输，2023，45(6)：119-124.
LI Zhiyuan，CHEN Dingjun. Evaluation of Train Operation Diagram Based on AHP-Generalized Fuzzy Soft Set[J]. China Transportation Review，2023，45(6)：119-124.

[8] 万广琦，史　峰，邓连波. 基于因子-聚类分析的高铁开行方案评价研究[J]. 铁道科学与工程学报，2017，14(12)：2509-2515.
WAN Guangqi，SHI Feng，DENG Lianbo. Study on Evaluation of High Speed Railway Train Planning Based on Factor and Cluster Analysis[J]. Journal of Railway Science and Engineering，2017，14(12)：2509-2515.

[9] 周文梁，朱翟鸿，光可欣，等. 基于优先级排序的高铁列车时刻表优化[J]. 交通运输系统工程与信息，2025，25(4)：287-296.
ZHOU Wenliang，ZHU Huihong，GUANG Kexin，et al. Optimization of Train Timetables for High Speed Rail Based on Priority Sorting[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2025，25(4)：287-296.

[10] 石庄彬，刘　星，刘　阳，等. 考虑随机需求的高铁快运专列停站与运能分配协同优化[J/OL]. 铁道科学与工程学报(2025-08-22)[2025-12-12]. https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20250894.

[11] 袁　博，李　博，郭一唯，等. 基于车次互换的动车组交路方案优化方法研究[J]. 铁道科学与工程学报，2025，22(11)：4858-4869.
YUAN Bo，LI Bo，GUO Yiwei，et al. Optimization for EMU Routing Plan Based on Interchange of Train Services[J]. Journal of Railway Science and Engineering，2025，22(11)：4858-4869.

[12] LI Y W，HAN B M，ZHAO P，et al. Collaborative Optimization for Train Stop Planning and Train Timetabling on High Speed Railways Based on Passenger Demand[J]. PLoS One，2023，18(4)：e0284747.

[13] YAO Z Y，NIE L，YUE Y X，et al. Network Periodic Train Timetabling with Integrated Stop Planning and Passenger Routing：A Periodic Time-Space Network Construct and ADMM Algorithm[J]. Transportation Research Part C：Emerging Technologies，2023，153：104201.

[14] JIN G W，HE S W，LI J B，et al. An Integrated Model for Demand Forecasting and Train Stop Planning for High Speed Rail[J]. Symmetry，2019，11(5)：720.

[15] KENNO S Y，SAHU P K，MEHRAN B，et al. Investigation of the Factors Affecting the Consistency of Short-Period Traffic Counts[J]. Journal of Modern Transportation，2017，25(3)：150-162.

[16] 陶若冰，金珈辉，谭金练，等. 可变编组动车组短期不同席别客流预测研究[J]. 铁道运输与经济，2019，41(3)：37-42.
TAO Ruobing，JIN Jiahui，TAN Jinlian，et al. A Research on Short-Term Forecasting of Variable-Combination EMU at Different Seating Classes[J]. Railway Transport and Economy，2019，41(3)：37-42.

[17] ÁLVAREZ-SANJAIME Ó，CANTOS-SÁNCHEZ P，MONER-COLONQUES R，et al. Efficiency versus Market Power in the Rail Industry[J]. Research in Transportation Economics，2024，108：101477.

[18] AZAR J，MARINESCU I，STEINBAUM M，et al. Concentration in US Labor Markets：Evidence from Online Vacancy Data[J]. Labour Economics，2020，66：101886.

[19] 冯英杰，吴小根，张宏磊，等. 江苏省高速交通与旅游耦合协调发展时空演化研究[J]. 现代城市研究，2021(1)：59-65，108.
FENG Yingjie，WU Xiaogen，ZHANG Honglei，et al. Research on the Spatiotemporal Evolution of Coupling and Coordinated Development of High Speed Transportation and Tourism in Jiangsu Province[J]. Modern Urban Research，2021(1)：59-65，108.

[20] 王　鹏. 基于AHP和TOPSIS的高铁运营综合评价研究[J]. 铁道经济研究，2018(4)：26-30，41.
WANG Peng. Research on the Comprehensive Evaluation of High Speed Railway Operation Based on AHP and TOPSIS[J]. Railway Economics Research，2018(4)：26-30，41.

[21] 赵　鹏，李云峰，李　博. 基于时段偏好的高铁旅客车次选择行为研究[J]. 北京交通大学学报，2017，41(6)：49-54.
ZHAO Peng，LI Yunfeng，LI Bo. Study on the Train Choice Behavior for High Speed Railway Passengers Considering the Departure Time Preference[J]. Journal of Beijing Jiaotong University，2017，41(6)：49-54.

[22] WARDMAN M，CHINTAKAYALA V P K，DE JONG G. Values of Travel Time in Europe：Review and Meta-Analysis[J]. Transportation Research Part A：Policy and Practice，2016，94：93-111.

(责任编辑　刘宁馨)