

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.05.001

轨道交通核心枢纽间线路 互联互通必要性研究 ——以重庆为例

石修路

(中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司, 重庆 401120)

摘要: 基于城市轨道交通互联互通内涵, 针对重庆轨道交通核心枢纽间线路互联互通必要性及合理性问题, 以重庆轨道交通 26、27 号线为例, 总结规划契合情况、完善服务质量、引导城市发展和落实资源共享等宏观定位, 同时分析互联互通模式导致的经济效益、运营损失以及土建投资增加, 在考虑时间价值影响的前提下, 以折算净现值作为 26、27 号线互联互通必要性及合理性的衡量指标, 研究结果表明: 重庆轨道交通核心枢纽间线路 26、27 号线互联互通模式折算净现值大于零, 互联互通必要性突出且方案合理, 值得借鉴。针对城市轨道交通互联互通必要性论证方面, 构建定性定量相结合的分析框架, 完善城市轨道交通互联互通研究体系, 为同类型项目的规划设计提供参考。

关键词: 城市轨道交通; 互联互通; 时间价值; 折算净现值; 核心枢纽

中图分类号: U231 文献标志码: A 文章编号: 1672-6073(2024)05-0001-06

Assessing the Need for Interconnected Core Hubs in Rail Transit Network: A Case Study of Chongqing Rail Transit

SHI Xiulu

(CREEC (Chongqing) Survey Design and Research Co., Ltd., Chongqing 401120)

Abstract: To demonstrate the necessity and rationality of interconnecting Chongqing rail transit lines between core hubs based on the concept of urban rail transit interconnection, this study summarizes the macro positioning of planning fit, improving service quality, guiding urban development, and implementing resource-sharing using the example of Chongqing rail transit lines 26 and 27. It also analyzes the economic benefits, operating losses, and civil investment increases caused by the interconnection mode. With the effect of the time value, the converted net present was used as the measurement index of the necessity and rationality of the interconnection to exhibit rail transit lines 26 and 27 between the core hubs. The results demonstrate that the converted net present value of the interconnection with Chongqing rail transit lines 26 and 27 between the core hubs is greater than zero. The necessity for interconnection is significant, and the scheme is reasonable and should be recommended. Considering the necessity of urban rail transit interconnections, this study proposes an analytical framework that combines qualitative and quantitative analyses, enhances the research system of urban rail transit interconnections, and provides an effective reference for the planning and design of similar projects.

Keywords: urban rail transit; interconnection; time value; converted net present; core hub

收稿日期: 2024-01-06 修回日期: 2024-04-25

作者简介: 石修路, 男, 硕士, 工程师, 从事轨道交通行车组织工作, 609216808@qq.com

基金项目: 中铁二院重庆公司科研项目(CQGSKJ2023-02)

引用格式: 石修路. 轨道交通核心枢纽间线路互联互通必要性研究: 以重庆为例[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(5): 1-6.

SHI Xiulu. Assessing the need for interconnected core hubs in rail transit network: a case study of Chongqing rail transit[J].

Urban rapid rail transit, 2024, 37(5): 1-6.

0 引言

随着都市圈轨道交通的快速发展与深度融合，不同线路间的功能层次出现了交叉和重构，在既有线路覆盖维度的基础上，灵活适应都市圈内部新的运输需求，一直是专家学者的重点研究方向。其中，余攀等^[1]立足于“四网融合”理念，针对市域(郊)铁路互联互通含义及必要性进行论证，明确了互联互通模式下市域(郊)铁路的设计要求；陈富贵等^[2]以成都地铁 18 号线为例，重点研究了快慢车运行方案及跨线运营模式，提出跨线运营的主要技术要求；王学贵^[3]针对成都市域快线 13 号线与其他线路衔接的必要性、客流需求、运输模式、互联互通节点站配线方案、跨线运营交路等方面，论证了互联互通在现代化都市圈发展理念下的必要性及可行性；江志彬等^[4]基于互联互通内涵，分析了车站、信号、车辆、配线、供电、票务等设施设备的技术要求，以及一体化出行规划、票务和出行服务的技术特征；王莹等^[5]分别对同制式跨线、跨制式跨线模式的运输需求进行分析，并在运输组织适应性、建筑规模以及土建投资等方面进行对比，得出不同跨线模式下的配线设置方案；蒲晓斌等^[6]结合深圳城市轨道交通发展现状，分析了互联互通网络化运营的必要性，并提出规划设计阶段需考虑的因素及实现条件。

综上所述，目前国内针对“四网融合”、互联互通及网络化运营的研究重点主要集中于方案规划、设计及实施层面，而有关互联互通必要性的研究尚未引起专家学者的重视。随着城市空间的逐步紧凑，城轨建设要求日益提升，对于投资、用地等规模的约束逐渐收紧。从城轨互联互通实践经验分析，不同线路间互联互通对于车站、区间等建设规模的增加巨大，而对于客流诱增、运营收益的衡量却陷入无据可依的尴尬境地，因此对规划层面而言，互联互通的必要性往往仅是功能层面的考量，未有收益层面的分析。

为了有效指导城轨互联互通规划建设，保障城轨交通高质量发展，定量分析互联互通必要性是城轨网

络化运营发展由粗犷向精细化转变的必经之路。构建以定量分析为主、定性分析为辅的论证体系，不仅能够完善城轨线网规划理念，支撑互联互通高标准实施，也是保障城市节约资源、高效发展的必要手段。

重庆市作为国内城市轨道交通互联互通的引领者，目前主要以既有线路跨线为主，规划引领层面存在显著不足。结合重庆轨道快线建设契机，本文以串联重庆核心枢纽的轨道快线 26、27 号线互联互通为例，研究定量分析与定性分析相结合的互联互通必要性论证思路，旨在为城轨互联互通规划的实施提供一定参考。

1 线路概况

重庆轨道交通 26 号线为贯穿三大槽谷的纵向快线，衔接市郊铁路 C4 线，串联杨家坪、大坪、观音桥等商圈，及重庆西站、重庆站、重庆北站、江北机场、新机场等对外交通枢纽；重庆轨道交通 27 号线为贯穿三大槽谷的横向快线，串联沙坪坝站、重庆站、重庆东站等重要对外枢纽，实现城市内外组团间的快速联系，支撑科学城及茶园城市副中心等区域发展。线路走向如图 1 所示^[7]。



图 1 重庆轨道交通 26、27 号线走向
Figure 1 Trend analysis of Chongqing rail transit lines 26 and 27

重庆轨道交通 26、27 号线概况如表 1 所示。分析可知，两线主要技术标准一致，具备互联互通的客观条件。

表 1 线路概况
Table 1 Line overview

线路名称	线路范围	长度/ km	设站/ 座	速度/ (km/h)	系统能力/ (对/h)	车辆类型	车辆定员/ (人/列)	供电制式	建设时序预估	状态
26 号线	重庆西—江北机场 T3 航站楼	45	14	140	24	市域 D 型车	1 554	AC 25 kV	2027—2032 年	规划
27 号线	璧山—重庆东	52	13						2022—2027 年	在建

2 定性分析

2.1 契合规划

为落实国家“一带一路”“长江经济带”等重大发展战略，充分发挥重庆市的核心带动功能，共同打造具有国际影响力的现代化都市圈。加快重庆市轨道快线间互联互通建设，紧密协调各种轨道交通间的联系，是提升城市交通承载力和综合发展水平，也是加快国家中心城市建设，落实国家战略的重要举措。重庆轨道交通 26 号线作为贯穿三大槽谷的纵向快线，与横向快线 27 号线互联互通，能够有效覆盖中心城区核心商圈与综合交通枢纽，对于践行高质量发展目标，落实“四网融合”发展理念，发挥线网整体效益具有极其重要的意义及作用。

2.2 完善服务

从乘客出行角度而言，互联互通线路可满足多元化出行需求，有效减少换乘次数、节省出行时间、提升出行效率及品质；互联互通条件下的多种运营模式结合，可高效满足快速通达需求，降低车站运维压力，保证服务质量。重庆轨道交通 26、27 号线有效衔接了主城区核心商圈与综合交通枢纽，线路间客流交换需求显著、出行目标多样化特征突出；重庆站作为铁路枢纽、轨道衔接站点，客流构成复杂，工程条件苛刻，运维压力较大；为满足差异化运输需求、降低重庆站运维压力、提升服务质量，轨道交通 26、27 号线互联互通极其必要。

2.3 引导发展

从通道利用角度而言，互联互通线路可高效整合线网通道资源，提高覆盖地区交通可达性，避免通道内重复建设，有效节约用地资源，为城市功能分区、产业布局提供有力支撑，引导城市有序发展。重庆轨道交通 26、27 号线均穿越主城建成区并呈十字交叉，互联互通模式下可高效直通主城区东西南北四个方向，在充分发挥通道作用的基础上提升了轨道交通可达性，避免因线路间客流交换增大而产生站点改造或通道新增等工程，有效节约主城区用地资源，强化各功能组团间沟通联系，引导资源要素合理配置，促进城市一体化发展。

2.4 资源共享

从资源共享角度而言，互联互通线路可通过合理布局车辆基地、统筹调配车辆资源、共建线网控制中心及供变电主所等方式实现网络化资源配置，从而提

升资源利用效率、降低线路建设及运营成本。重庆轨道交通 26、27 号线互联互通模式下，可通过跨线运营实现车辆的统筹调配，高效匹配客运需求；整合车辆基地及场段资源，优化场段数目及建设规模；共建控制中心及供变电主所，节约设施设备投入；落实一体化运营，提升两线资源利用效率的同时降低线路运营成本，贯彻可持续发展理念。

3 定量分析

3.1 经济效益

3.1.1 运输收益计算

根据客流预测对比分析，互联互通模式相较于普通换乘模式客流诱增明显^[8-10]，作为线网运输效益的增益部分，其计算公式为

$$Q_1 = \frac{365 \times \sum_{i=1}^8 (Y_i - X_i) \bar{l} \bar{m}}{10\,000} \quad (1)$$

式中， Q_1 为特征年度诱增客流运输收入总额，万元/a； Y_i 为互联互通模式下 i 方向客流交换总量，人次/d； X_i 为普通换乘模式下 i 方向客流交换总量，人次/d； \bar{l} 为平均运距，根据 27 号线客流预测报告，取值 15 km； \bar{m} 为重庆市轨道交通平均运价率，根据重庆轨道交通集团运价规定，取值 0.23 元/(人·km)。

3.1.2 节时效益计算

结合既有项目经验，考虑节点站客流组织的合理性，在平均候车时间最优的前提下，互联互通模式相对于普通换乘模式的节时效益计算公式为

$$Q_2 = \frac{365 \times \sum_{i=1}^8 X_i \bar{t} \bar{q}}{600\,000} \quad (2)$$

式中， Q_2 为特征年度节时效益总额，万元/a； \bar{t} 为普通换乘模式下平均换乘时长，根据重庆轨道交通枢纽站点换乘仿真，取值 6 min(含候车时长)； \bar{q} 为重庆市 2022 年人均 GDP，由重庆市 2022 年国民经济和社会发展统计公报数据计算，取值 30 元/h。

3.1.3 效益折算

考虑轨道交通客流预测均按特征年度开展，为有效分析互联互通必要性，需将特征年度经济效益折算至工程起始年度，从而对比投入产出情况，折算公式为

$$p = (Q_1 + Q_2) \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right] \quad (3)$$

式中, p 为互联互通起始年度经济效益折算值, 万元; r 为折算比率, 参照轨道交通基准内部收益率取值 3%; n 为互联互通后分析时长, 以 27 号线客流预测年限为基准, 远期折算至近期年初, 近期仅折算至年初, 则本次测算远期取值 15 a、近期取值 1 a。

$$P_1 = \frac{P_n + P_f}{(1+r)^n} \quad (4)$$

式中, P_1 为工程起始年度经济效益折算值, 万元; p_n

为近期经济效益折算值, 万元; p_f 为远期经济效益折算值, 万元; n^* 为 27 号线近期(不含)距工程起始年度时长, 取值 15 a。

3.1.4 26、27 号线互联互通效益分析

26、27 号线于重庆站互联互通与普通换乘两种模式的客流预测指标对比分析如表 2 所示^[11-12]。数据显示, 相对于普通换乘模式, 互联互通有利于吸引站点周边客流, 带动两线客流增长, 且效果明显。

表 2 主要客流预测指标

Table 2 Main passenger flow forecasting indicators

线路	模式	特征年度	线路长度/km	全日客运量/(万人次/d)	客运周转量/(万人次·km)	平均运距/km	客流强度/[万人次/(km·d)]	高峰小时断面/(万人次/h)	高峰断面位置
27 号线	互联互通模式	初期 2030 年	52	38.98	620.17	15.91	0.75	1.45	磁器口—沙坪坝
		近期 2037 年		56.30	863.08	15.33	1.08	2.04	
		远期 2052 年		79.71	1 177.32	14.77	1.53	3.05	
	普通换乘模式	初期 2030 年	52	38.98	620.17	15.91	0.75	1.45	磁器口—沙坪坝
		近期 2037 年		56.13	860.53	15.33	1.08	1.91	
		远期 2052 年		79.46	1 173.69	14.77	1.53	2.86	
26 号线	互联互通模式	初期 2035 年	45	47.27	974.11	20.61	1.05	1.88	重庆站—解放碑
		近期 2042 年		58.04	1 174.34	20.23	1.29	2.17	
		远期 2057 年		84.71	1 676.10	19.79	1.88	3.03	
	普通换乘模式	初期 2035 年	45	47.10	970.80	20.61	1.05	1.75	重庆站—解放碑
		近期 2042 年		57.79	1 169.18	20.23	1.28	1.97	
		远期 2057 年		84.41	1 670.47	19.79	1.88	2.79	

注: 26、27 号线与其他线路换乘关系不变的前提下, 仅考虑重庆站互联互通与否的客流差异。

结合客流预测成果(以 27 号线建设年限为准), 重庆轨道交通 26、27 号线重庆站互联互通与普通换乘两种模式下的近远期全日客流分方向交换总量如图 2 所示。

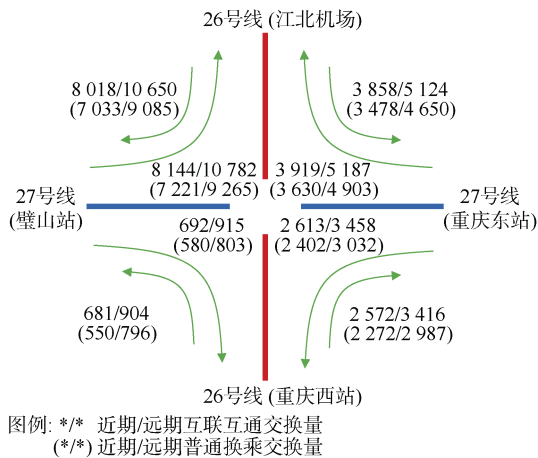


图 2 重庆站近远期全日客流分方向交换量
 Figure 2 Near and long-term full-day passenger flow directional exchange volume

根据式(1)~式(4)及 26、27 号线各方向跨线客流量进行效益测算, 结果如表 3 所示。分析可知, 26、27 号线互联互通模式下折算经济效益增量达 36 661 万元。

表 3 效益分析

Table 3 Benefit analysis 万元

特征年度	项目	璧山—江北机场	江北机场—重庆东	璧山—重庆西	重庆西—重庆东	合计
近期	Q_1	240	84	30	65	419
	Q_2	1 561	778	124	512	2 975
	P_n	1 749	837	149	559	3 295
远期	Q_1	388	96	28	108	619
	Q_2	2 010	1 046	175	659	3 890
	P_f	28 621	13 627	2 421	9 154	53 822
	P_1	19 493	9 284	1 650	6 234	36 661

注: 考虑 26、27 号线建设时序差异, 以 27 号线近期作为互联互通起始点进行测算。

3.2 运营损失

根据既有研究成果, “X”型互联互通在两线列车同时到站且均需跨线的前提下, 各线将折损系统能力

18%^[13]；有效调整运行图，避免跨线列车同时进站的理想状态下各线系统能力将不受影响^[14-15]。

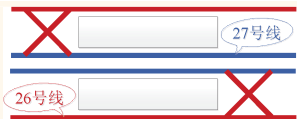
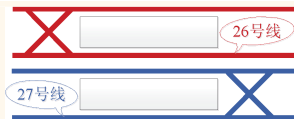
重庆轨道交通 26、27 号线按“X”型互联互通进行设计，研究年度内平峰时刻系统运能富余较大，存在运行图优化调整空间，因此跨线列车开行按不折损系统能力考虑；研究年度内高峰时刻客流出行需求旺盛，发车间隔短，运行图优化调整空间有限，跨线列车开行折损系统能力可能性高^[16-17]。相较于普通换乘模式，互联互通模式因运能折损而造成的损失计算公式为

$$M = 365 \times \frac{N \times W \times \delta \times s \times \bar{l} \times \bar{m} \times 2}{10\,000} \quad (5)$$

式中， M 为全年运营损失总额，万元/a； N 为高峰小时折损能力，结合车辆定员、满载率及表 2 中高峰小时客流差异，26、27 号线近远期跨线对数均取值 2 对/h； W 为列车定员人数，由表 1 可知，取值 1 554 人/列； δ 为高峰小时满载率，参照重庆轨道交通集团 2023 年度第四季度运营统计情况，取值 75%； s 为全日高峰小时个数，取值 4。

表 4 土建投资对比

Table 4 Comparison of civil engineering investment for interconnection

模式	互联互通模式	普通换乘模式
车站平面		
线路走向	26、27 号线在重庆站平行设置，26 号线位于 27 号线两侧，导致线路出站后产生交叉	26、27 号线在重庆站平行设置，线路过渡平顺，无交叉
功能需求	互联互通+跨线运营+同台换乘	通道换乘
车站规模	总建筑面积 68 282 m ² ，(主体建筑面积 62 400 m ² ，附属建筑面积 5 882 m ²)，本站位于铁路枢纽红线范围内，车站与铁路枢纽改造项目同步实施	
车站投资/万元	77 631	
区间形式	两端交叉渡线需结合国铁站房采用明挖矩形框架结构；27 号线区间右线采用复合式 TBM 法施工国铁站房红线范围内部分，26 号线区间右线采用矿山法施工国铁站房红线范围内同步实施部分	27 号线区间左右线均采用复合式 TBM 法施工国铁站房红线范围内部分；26 号线区间左右线均采用矿山法施工国铁站房红线范围内部分
区间投资/万元	16 209	12 012
总投资/万元	93 840	89 643

由表 4 分析可知，互联互通模式相较于普通换乘模式线路方案虽存在一定交叉，但整体可行；两种模式均采用双岛四线布设形式，车站规模及投资一致；受限于两组交分道岔，互联互通模式区间投资增加 4 197 万元，施工难度增大。

3.4 综合分析

综合以上分析成果，互联互通模式下经济效益净现值是衡量互联互通必要性的决定性指标，当净现值

$$P_2 = \frac{M \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right]}{(1+r)^n} \quad (6)$$

式中， P_2 为工程起始年度运营损失折算值，万元； M 为特征年度运营损失总额，万元/a。

根据式(5)、式(6)进行运营损失测算，26、27 号线互联互通模式下运营损失达 2 348 万元/a，折算运营损失达 17 994 万元。

3.3 土建投资

重庆轨道交通 26、27 号线节点站重庆站设于渝中区，车站主体位于成渝客专重庆站站场正下方地块内，沿菜袁路大致呈南北向布置。车站西北侧为重庆站待改造区域，西南侧为世贸采博城等，东侧为菜园坝立交、皇冠大扶梯及既有轨道交通 3 号线两路口方向，站点周边用地均已开发。重庆站工程实施条件苛刻，限制因素多且复杂，为充分论证互联互通模式的合理性及必要性，针对土建投资对比分析至关重要，见表 4。

大于零时，应按照互联互通模式建设，反之，则应采取普通换乘模式建设。互联互通模式下经济效益净现值计算公式为

$$P = P_1 - P_2 - G \quad (7)$$

式中， P 为互联互通模式下经济效益净现值，万元； G 为互联互通模式下土建投资增加值，万元。

计算可知，重庆轨道交通 26、27 号线互联互通模式下经济效益净现值达 14 471 万元，应采用互联互通

模式进行建设。

4 结论

1) 互联互通规划应进行定量分析为主的必要性论证。互联互通作为落实“四网融合”发展理念、提升运输组织灵活性、充分利用通道资源、降低线网运维成本的重要措施,应在规划阶段完成定量分析为主的必要性论证,只有在同时满足定量和定性要求时,互联互通方案才被认为是必要且合理的。

2) 互联互通方案比选应将净现值收益作为主要衡量指标之一。互联互通必要性及合理性定量分析过程中,应充分考虑经济效益、运营损失及土建投资增加等因素,并结合时间价值折算净现值,净现值越大(大于零时),互联互通方案越优。

3) 本文以重庆轨道交通26、27号线互联互通为例,重点针对经济效益、运营损失及土建投资等方面量化了互联互通必要性分析思路,测算得出经济效益净现值为14 471万元,证明了互联互通必要性及合理性,对同类型项目具有一定指导意义。

参考文献

- 余攀, 宋唯维, 陈友文. “四网融合”条件下市域(郊)铁路互联互通模式及技术要求探讨[J]. 综合运输, 2022, 44(6): 44-48.
YU Pan, SONG Weiwei, CHEN Youwen. Modes and Technical Requirements of Suburban Railway Interconnection under the Urban-regional Rails Network Convergence[J]. China transportation review, 2022, 44(6): 44-48.
- 陈福贵, 赵壹, 谭小土. 成都地铁18号线行车组织模式分析[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(5): 216-219.
CHEN Fugui, ZHAO Yi, TAN Xiaotu. Operation organization mode analysis of Chengdu metro line 18[J]. Urban mass transit, 2023, 26(5): 216-219.
- 王学贵. 基于都市圈融合发展理念的成都市域快线13号线互联互通方案研究[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(4): 6-13.
WANG Xuegui. Research on the connectivity scheme of Chengdu city express line 13 based on the concept of integrated urban development[J]. Railway standard design, 2021, 65(4): 6-13.
- 江志彬, 苏马雷, 李洪运, 等. 轨道交通互联互通的内涵及技术特征探讨[J]. 都市轨道交通, 2021, 34(3): 46-51.
JIANG Zhibin, SU Malei, LI Hongyun. Connotation and Technical Features of Rail Transit Interconnection[J]. Urban rapid rail transit, 2021, 34(3): 46-51.
- 王莹, 王宇, 卢锦生, 等. 区域轨道交通跨线站配线方案研究[J]. 铁道标准设计, 2024, 68(3): 7-14.
WANG Ying, WANG Yu, LU Jinsheng. Study on Wiring Scheme of Cross-line Station of Regional Rail Transit[J]. Railway standard design: 2024, 68(3): 7-14.
- 蒲晓斌, 贺彬. 深圳城市轨道交通互联互通网络化运营研究[J]. 中国铁路, 2021(6): 154-158.
PU Xiaobin, HE Bin. Research on interoperable network operation for Shenzhen urban rail[J]. China railway, 2021(6): 154-158.
- 中铁二院工程集团有限责任公司. 重庆市域(郊)铁路与城轨快线网络化运输组织研究报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2023.
- 刘克伟, 邬春晖, 于力明. 城市轨道交通跨线运行客流影响分析[J]. 现代城市轨道交通, 2022(10): 87-91.
LIU Kewei, WU Chunhui, YU Liming. Analysis on the impact of passenger flow for through operation of urban rail transit[J]. Modern urban transit, 2022(10): 87-91.
- 董文斌, 周霞. 重庆轨道交通网络化运营条件下环线客流压力分析[J]. 隧道与轨道交通, 2020(03): 46-48.
Dong Wenbin, Zhou Xia. Analysis on Passenger Flow Pressure of Rail Transit Ring Line in Network Operation in Chongqing[J]. Tunnel and rail transit, 2020(03): 46-48.
- 李棠迪, 刘海洲. 重庆市轨道交通网络化运营前后客流特征对比分析[J]. 现代城市轨道交通, 2021(8): 84-89.
LI Tangdi, LIU Haizhou. Comparative analysis of passenger flow characteristics before and after rail transit network operation in Chongqing[J]. Modern urban transit, 2021(8): 84-89.
- 重庆市交通规划研究院. 重庆轨道交通27号线客流预测专题报告[R]. 重庆: 重庆市交通规划研究院, 2022.
- 重庆市交通规划研究院. 重庆轨道交通26号线客流预测专题报告[R]. 重庆: 重庆市交通规划研究院, 2022.
- 李雅雯, 殷勇. 重庆轨道快线节点站配线方案研究[J]. 综合运输, 2019, 41(9): 109-115.
LI Yawen, YIN Yong. On Wiring Schemes of Chongqing Transit Express Lines Node Stations[J]. China transportation review, 2019, 41(9): 109-115.
- 乐梅, 王宁宁, 杨婧. 城市轨道交通CBTC互联互通网络化运营研究[J]. 现代城市轨道交通, 2022(5): 73-80.
LE Mei, WANG Ningning, YANG Jing. Research on urban rail transit networked operation based on interoperability of CBTC[J]. Modern urban transit, 2022(5): 73-80.
- 陈磊, 段晓宇, 柏赞. 城市轨道交通跨线列车开行方案优化研究[J]. 都市轨道交通, 2023, 36(3): 59-64.
CHEN Lei, DUAN Xiaoyu, BAI (B/Y). Optimizing cross-line train service planning in urban rail transit network[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(3): 59-64.
- 王贝贝, 赵子玉. 互联互通跨线运营特点及调整方法分析[J]. 智能城市, 2023, 9(8): 26-28.
WANG Beibei, ZHAO Ziyu. Analysis on the characteristics and adjustment methods of cross-line operation of interconnection[J]. Intelligent city, 2023, 9(8): 26-28.
- 张翕然, 陈绍宽, 赵兴东, 等. 跨线运营模式下地铁列车运行图调整优化方法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2023, 23(4): 164-174.
ZHANG Xiran, CHEN Shaokuan, ZHAO Xingdong, et al. A rescheduling optimization method for metro trains under cross-line operation[J]. Journal of transportation systems engineering and information technology, 2023, 23(4): 164-174.

(编辑: 傅依萱)