doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2025.05.006

快慢车运营技术研究
——以宁波轨道交通 6 号线为例

叶　如[1]，吕英康[2]，何冀东[2]，赵兴华[1]，王　勇[1]，宗二凯[1]，蒋　玥[1]
（1. 宁波市轨道交通集团有限公司，宁波 315101；2. 北京城建设计发展集团股份有限公司，北京 100037）

摘　要：为高效利用宁波城市轨道交通有限的交通廊道资源，提升运营效率，以宁波轨道交通 6 号线为例，开展快慢车运营技术研究。从快慢车模式的技术研究、出行需求及快慢车运营方案、越行站选择及越行配线、快慢车时间经济效益分析等方面论证研究宁波轨道交通 6 号线采用快慢车运营组织模式的技术经济合理性。结果表明：宁波轨道交通 6 号线采用快慢车运营模式，实现了“半小时交通圈覆盖宁波市六区”的规划时间目标，具有明显的交通竞争优势和显著的经济效益，通勤快车节省运营时间 6 min，特快列车节省运营时间 12 min，节省市民出行时间年均创造的社会价值约 4 820 万元。

关键词：城市轨道交通；快慢车运营；经济效益；社会效益
中图分类号：U231　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1672-6073(2025)05-0042-08

Express-Local Operation Technology for Urban Rail: A Case Study of Ningbo Metro Line 6

YE Ru[1], LYU Yingkang[2], HE Jidong[2], ZHAO Xinghua[1], WANG Yong[1], ZONG Erkai[1], JIANG Yue[1]
(1. Ningbo Urban Rail Transit Group Co., Ltd., Ningbo 315101;
2. Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: Ningbo’s urban rail transit system faces the challenge of making more efficient use of limited corridor resources, prompting a study on express-local operation technology for Line 6 to enhance operational efficiency. The technical and economic rationale for adopting an express-local operation pattern on Line 6 was evaluated by examining technical principles, travel demand and operating schemes, selection of overtaking stations and track layouts, and time efficiency and economic benefits. Results indicate that adopting the express-local operation pattern on Line 6 meets the planned goal of a “30-minute travel circle covering Ningbo’s six districts,” confers clear competitive and economic advantages, reduces travel time by about 6 minutes per trip for commuter express trains and 12 minutes for super-express trains, and generates an estimated annual social value of approximately 48.2 million yuan from passenger time savings.

Keywords: urban rail transit; express-local train operation; economic benefits; social benefits

截至 2024 年底，宁波轨道交通共有 5 条线路，运营里程 194.46 km[1]。宁波轨道交通 6 号线(以下简称 6 号线)作为宁波城市轨道交通规划的重要东西向骨干快线，对于支撑城市拓展及提升轨道交通服务效率有重要作用。如果城市轨道交通系统无法发挥其速度优势，不能满足乘客快速出行的需求，则对客流的吸引力将

收稿日期：2025-03-13　修回日期：2025-06-24
第一作者：叶如，男，硕士，高级工程师，从事轨道交通建设综合管理工作，67846783@qq.com
通信作者：何冀东，男，硕士，高级工程师，从事城市轨道交通行车组织工作，806853861@qq.com
基金项目：北京市自然科学基金(L231003)
引用格式：叶如，吕英康，何冀东，等. 快慢车运营技术研究：以宁波轨道交通 6 号线为例[J]. 都市快轨交通，2025，38(5)：42-49.
YE Ru, LYU Yingkang, HE Jidong, et al. Express-local operation technology for urban rail: a case study of Ningbo metro line 6[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(5): 42-49.

下降[2]。地铁快慢车运营组织是有别于站站停的更加灵活以及精细化的运营组织模式，在压缩乘客在途时间、提高服务品质、降低运营成本等方面均具有一定的优势[3]。北京、上海、广州、重庆、成都等城市均已探索、实践快慢车运营组织模式[4-6]。戴智等[7]针对轨道交通与城市发展不协调、服务效率不高等问题提出采用快慢车等灵活运营组织模式。石修路[8]对不同快慢车模式的能力折损公式进行优化总结。闻千等[9]提出既有线路开行快慢车的 4 种方法，并介绍开行原理、优缺点以及运营要求等。

目前针对快慢车运营模式技术经济合理性的系统性论证较少，本文以 6 号线为例，研究快慢车运营技术的功能需求、方案制定及效益分析，对提升宁波轨道交通出行时效有很大帮助，对后续快线网的运营规划具有重要意义。

1　6 号线概况及功能需求分析

1.1　工程概况

宁波轨道交通线网规划由市域轨道网、中心城区轨道网、余慈城区轨道网共同构成。其中 6 号线为东西方向市区线，西起海曙、东至北仑，线路全长 56 km，设站 29 座。线路走向如图 1 所示。全线设一段一场，分别为卖面桥车辆段和新棉停车场。线路设计通过能力不小于 30 对/h。采用目标速度为 100 km/h 的 B 型车，初、近、远期均为 6 辆编组。



图 1　6 号线工程线路走向示意

Figure 1　Alignment of Ningbo Metro Line 6 Project

1.2　功能需求分析

1.2.1　客流出行需求分析

根据客流预测，6 号线初、近、远期全日客运量分别达到 29.7 万、51.5 万和 92.2 万人次/d；客运强度分别达到 0.75 万、1.30 万及 1.68 万人次/km；高峰小时单向最大断面客流分别达到 1.30 万、1.87 万和 3.04 万人次/h。客流出行平均乘距相对较长，为 9.1～10.2 km。

对 6 号线全线进行客流 OD 对分析，大体可分为西段、中心城、东段三部分：西段为宁波西—卖面桥(含)，长 10.8 km；中心城为卖面桥—梅墟路，长 19 km；东段为梅墟路(不含)—闽江路，长 24 km。具体线路分段如图 2 所示。

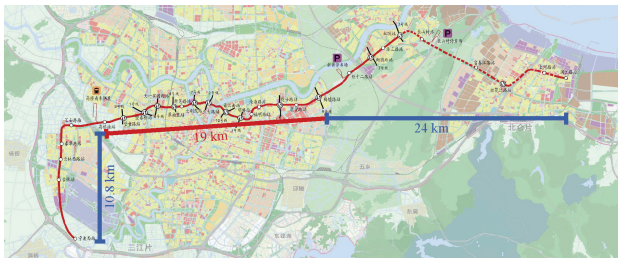


图 2　6 号线分段线路特征示意

Figure 2　Segmented alignment characteristics of Line 6

分别梳理西段、东段及中心城段与全线的客流出行交换量特征，远期全日、早高峰分区段出行交换量分别如图 3、图 4 所示。①出行量级：中心城段出行量级最大，西段及东段与全线的出行交换量较小。②交换特征：西段与东段均以与中心城的客流交换为主，

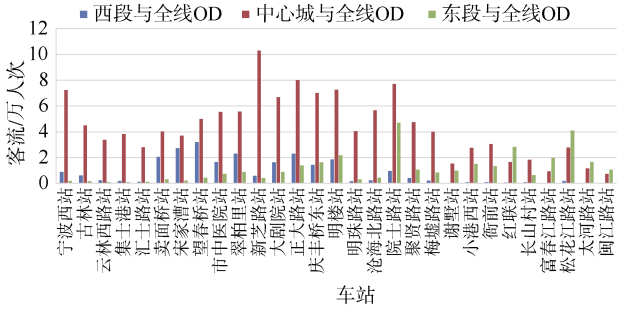


图 3　远期全日分区段出行交换量示意

Figure 3　Long-term full-day inter-segment travel exchange volumes

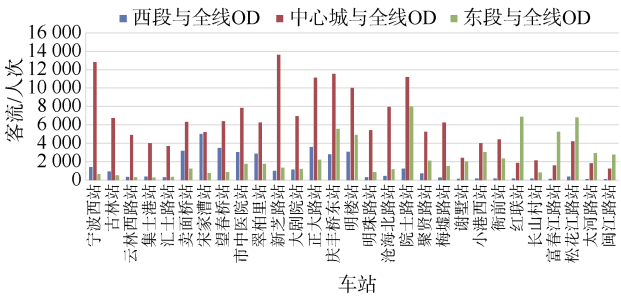


图 4　远期早高峰分区段出行交换量示意

Figure 4　Long-term morning peak inter-segment travel exchange volumes

东段与西段内部及相互之间的出行交换量较小。③车站客流 OD：西段仅宁波西站客流出行量较大，其他车站交换量较小；东段松花江站、红联站与轨道换乘车站客流出行量相对较大，其他各站出行量均较小。

1.2.2 运营功能需求分析

根据 6 号线服务区域客流特征，总结 6 个方面的运营功能需求。

1) 大运量出行需求。本线远期最大客流断面为 3.04 万人次/h，属于大运量系统。

2) 分段服务需求。客流断面分段特征明显，上下行不均衡明显，适宜分段分方向布置运能，开行大小交路，分段设置服务标准。

3) 服务水平需求。客流组成呈现中心城客流规模大、外围段客流规模小，中心城出行距离短、外围段出行距离长的特点，中心城应以满足客流出行规模需求为主，外围段应适当提高乘客出行的乘坐服务水平。

4) 出行时效需求。结合规划目标、客流出行需求及客源竞争等因素，综合确定本线时间目标值。北仑核心—市区核心(松花江路站—正大路站)：30 min 时间目标值；临空组团—市区核心(宁波西站—正大路站)：25 min 时间目标值。

5) 快慢车开行需求。车站组团分布特征明显，西部集士港组团、东段北仑组团均以向中心城的出行为主，但组团间沿线车站集散量较小，具备开行快慢车的客流特征，在保证运力的情况下，适宜开行快慢车，提供跨组团的快速直达服务。

6) 差异化服务需求。本线服务客流具有差异化特征，中心城服务客流对运输能力及服务频次要求较高，东段及西段组团客流以长距离出行为主，对出行时间敏感性较高。针对本线服务客流差异化特征，宜采用与之相适应的大站快车与站站停列车相结合的运营模式，对于外围客流采用大站快车与站站停相结合的运营模式以缩短出行时间，对于中心城客流采用站站停运营模式。

2 快慢车模式的研究

2.1 快慢车开行目的与原则

开行快车的主要目的有两个方面：一是对乘客而言，提高线路服务标准(特别是为远距离乘客)，提供差异化多层次服务；二是对城市而言，压缩城市空间尺度，以时间换取空间，实现城市外围的 TOD 发展，从而实现都市圈城市的同城化发展。

对于以组团间长距离通勤客流为主的线路，高峰时段应在保证中心城运力的基础上，针对组团间长距离“点对点”出行客流开行快车服务，提供全天候的快车服务。针对机场等连接枢纽线路，兼顾市区通勤客流及机场客流双重功能，因此开行快慢车应该兼顾保障通勤客流的运输能力及针对枢纽商务客流的快速服务，在此基础上开行快车提高机场客流的服务标准。

2.2 快车服务对象

快车主要服务于对时间和服务敏感性强的客流，比如远距离通勤客流或者机场等商务客流，短距离客流一般不采用快车。

2.3 快车开行时段

根据运输能力及线路功能，制定全时段快慢车运营计划的规划。针对运营高峰时段有组团间长距离“点对点”出行需求的线路，全日各时段均可组织快慢车运营。

2.4 快慢车开行比例及能力折减

快慢车的开行方案主要有两种模式：一种模式为按比例开行，快车与慢车按 1:1、1:2、1:3 等形式等比例开行，有利于快慢车组合运营的行车组织、调度管理及乘客出行判别；另一种模式为快车按固定时刻开行，如日本筑波快线在平峰时段基本都是整点或半点开行，行车间隔 30 min[10]，便于乘客根据时刻表规划出行。

快慢车运营组织模式对运能的折减可通过公式理论计算[8]或采用实际铺图的方法进行验证计算。

2.5 越行站的选择

在城市轨道交通的前期规划阶段，越行站的选择以及越行配线的位置设置是整个网络布局中的关键环节。越行站作为快慢车交汇、避让的重要节点，其位置决定了线路的运营效率与灵活性。因此，在选址时应综合考虑沿线规划、周边土地利用特性、既有交通设施分布等因素，以确保所选站点能够适应未来不同时期的客流变化。

越行配线的设置需具备一定的前瞻性，预留足够的未来发展灵活性，以便于后期根据实际需求调整越行策略。此过程涉及对线路能力、列车运行图、信号系统兼容性等多方面的深入分析，评估各种可能的越行模式对整体运输效率的影响。

同时，为了保障越行站的服务水平，必须重视乘客体验。一方面，通过合理安排班次间隔，结合智能调度系统实时调控，尽量缩短乘客等待时间；另一方

面，在硬件设施上要保证车站设计人性化，提供清晰的导向标识、舒适的候车环境及必要的辅助设施，如无障碍通道等。此外，为尽量减少快车越行所需的待避时间，可以采用优化列车编组、改进信号控制逻辑、提升列车加速性能等措施，从而提高运营效率，确保轨道交通系统的快速性和可靠性。最终目的是构建一个高效、灵活且人性化的城市轨道交通体系，以满足城市发展的长期需求。

2.6 避让站布置

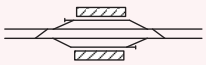
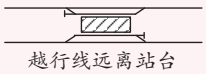
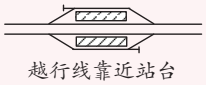
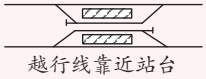
针对地面和高架线路区段，避让线设置条件相对较好，可根据需求设置多处避让线，提升越行灵活性；针对地下线，避让线设置条件较差、规模体量较大，应在条件相对较好的车站集中设置功能完备的配线，实现工程及功能集约。避让线的设置需求应根据快慢车开行方案检算。

避让站形式多样，一般需结合具体工程条件，实现功能和造价的平衡。避让站多为双岛四线式车站，尽量选择地面或高架车站，设越行条件的车站占比大多低于 30%。

越行配线形式有如下 4 种：四线两侧、一岛四线、双岛四线(Ⅰ)、双岛四线(Ⅱ)。不同形式越行配线的适用性如表 1 所示。

表 1　不同形式越行配线的适用性分析

Table 1　Applicability analysis of different overtaking track layouts

配线形式	站线形式	越站速度	车站规模	站端线型	适用范围
四线两侧	 越行线远离站台	高速	较大	正线并行、直向通过车站	高架线、快车高速通过
一岛四线	 越行线远离站台	高速	较大	正线分设，高架线需设置喇叭口	地下线、快车高速通过
双岛四线(Ⅰ)	 越行线靠近站台	限速	较小	正线并行、直向通过车站	高架线、快车限速通过
双岛四线(Ⅱ)	 越行线靠近站台	限速	较小	正线分设，高架线需设置喇叭口	地下线、快车限速通过

3　6 号线快慢车研究

3.1　出行需求及快慢车运营方案

3.1.1　出行需求分析

从出行需求角度，北仑城区距离主城较远(约 30 km)，出行时间较长，具有缩短出行时间的需求，适宜提供差异化运营服务。

远期线路西段考虑提供机场及高铁枢纽对外出行客流的差异化运营服务，线路东段考虑北仑与中心城组团间客流长距离出行需求，提升轨道交通的竞争力，推荐全线均采用快慢车运营组织模式。

3.1.2　快车停站方案

快车主要服务两类客流：一类是线路西段及东段外围组团与中心城联系的通勤客流；另一类是宁波枢纽与沿线联系的商务客流。组团与中心城联系的通勤客流：线路西段除宁波枢纽站外，集士港区域的古林站、云林西路站、集士港站、汇士路站客流出行量均较小；东段换乘车站松花江路站及红联站客流出行规模相对较大；对外枢纽客流：宁波枢纽站以与中心城线路客流交换量为主。

综合考虑客流出行需求及快车越行、停站的均衡性并考虑一定的客流收集效益，快车在西段主要停靠宁波枢纽站、古林站、集士港站，在线路东段主要停靠闽江路站、太河路站、松花江路站、红联站，在中心城段采用站站停模式，具体停站方案如图 5 所示。由于北仑组团距中心城较远，为进一步缩短北仑组团与中心城的时空距离，提升轨道竞争优势，预留开行特快列车条件，在线路西段及东段仅停靠主要站点后直达中心城第一换乘节点院士路站，特快列车在线路西段仅停靠宁波枢纽站，在线路东段停靠闽江路站、松花江路站、红联站后直达院士路站。

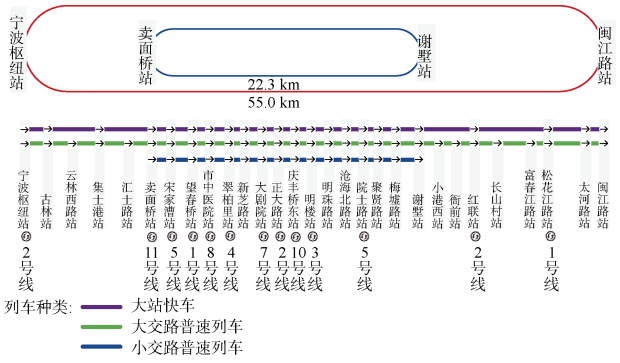


图 5　快车停站方案示意

Figure 5　Express train stopping pattern

3.1.3　快慢车运营方案

根据沿线规划及客流预测，通勤快车停靠乘降量较大的车站，西段停靠宁波枢纽、古林路、集士港至卖面桥站，东段停靠闽江路、太河路、松花江路、红联至谢墅站。具体运营方案如图 6 所示。

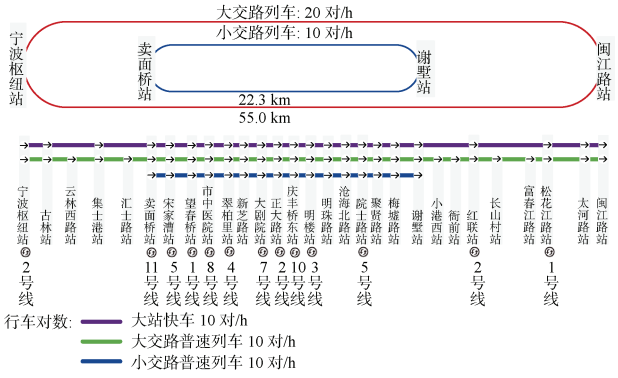


图 6　高峰时段运营方案

Figure 6　Peak-hour operation plan

由于本线线路较长，为满足空港及北仑组团快速进城需求，预留外围组团直达中心城特快列车开行备用条件。远期增开特快列车，西段服务空港客流，一站直达中心城卖面桥站，东段仅停靠主要换乘节点后、直达中心城第一个换乘节点。特快列车全线共越行 12 座车站，特快列车全程运行时间约 53 min，备用运营方案如图 7 所示。

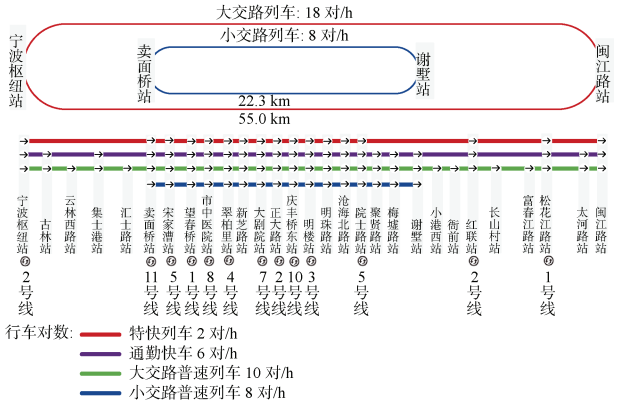


图 7　高峰时段备用运营方案

Figure 7　Peak-hour contingency operation plan

3.2　越行站选择及越行配线

3.2.1　越行站选择

越行配线车站的选择：一方面根据运营方案铺画运行图、保证运营计划的实现；另一方面选择车站乘降量相对小的车站，减小慢车避让的影响。另外，越行配线的设置位置宜尽量均衡布置在线路外围区段，为应对未来规划及客流发展风险预留灵活性。

经铺画运行图，全线需设置 3 处越行配线，分别为汇士路站、谢墅站、长山村站，快慢车运行图如图 8 所示。且越行站的客流乘降规模均相对较小，越行站客流乘降量如图 9 所示。

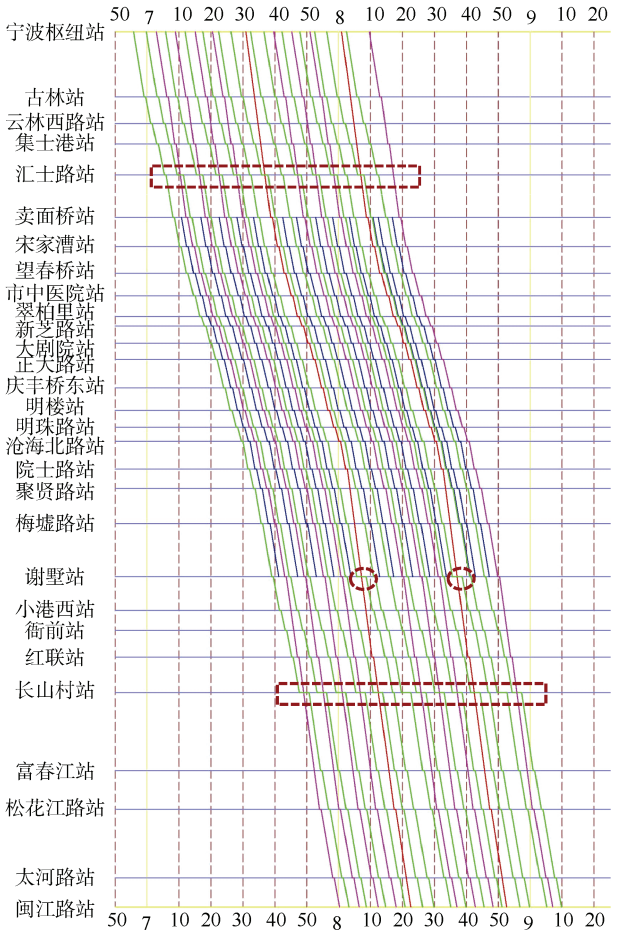


图 8　高峰时段快慢车越行运行图

Figure 8　Peak-hour express-local overtaking timetable

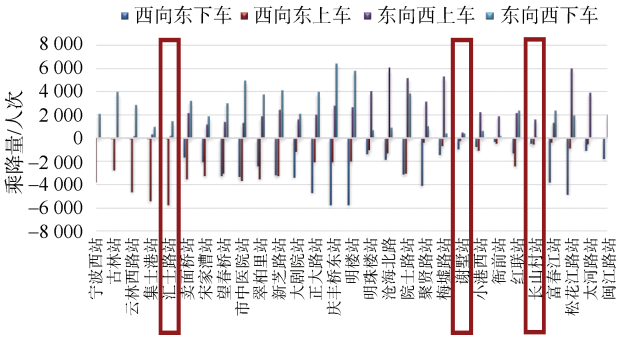


图 9　越行站客流乘降量

Figure 9　Passenger boarding and alighting volumes at overtaking stations

3.2.2　越行站配线

1) 汇士路站。汇士路站配线应具备避让线、故障停车线及渡线功能。对汇士路站 4 个配线方案进行比选，形式如图 10 所示。方案 1 采用双岛四线方案，正线位于外侧；方案 2 采用双岛四线方案，正线位于内

侧；方案 3 采用双岛四线方案，正线均位于车站下侧；方案 4 采用单岛四线方案，正线位于外侧。

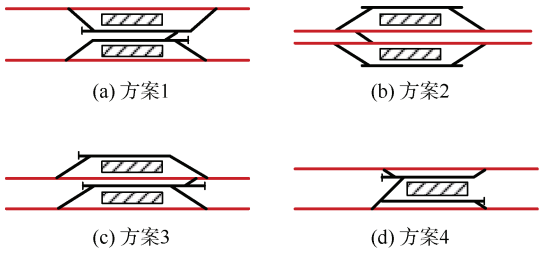


图 10　汇士路站越行配线优化方案比选

Figure 10　Comparison of optimized overtaking track layout schemes at Huishi Road Station

4 个比选方案均满足快车直向快速通过、慢车侧向进站要求，方案 4 为单岛方案，较前 3 个方案不具备快车停站条件。

由于客流预测汇士路站乘降量相对较大，为加强对该站的乘客服务水平，宜预留快车及慢车均进站停车条件，对于地下越行站的常用配线形式推荐采用方案 1、2、3 的配线形式，快车走行内侧线路、直向过岔高速通过，慢车走行外侧线路，停靠站台均为行进方向左侧开门，与其他车站开关门方向保持一致。该方案具备快慢车同时停站条件，以应对车站客流增长风险。汇士路站采用双岛四线配线形式，站停列车仅在避让快车工况下侧向通过道岔进出站，对于普速列车及无避让需求的慢车而言，可采用直向进出站，有利于应对运营阶段不同快慢车开行比例的灵活性，提升乘客乘坐感受。综合上述分析，推荐采用方案 3 配线形式。

2) 谢墅站。该站为停车场接轨站及小交路折返站，需设置交路折返配线及出入线，车站采用双岛四线形式，一方面保证了交路折返，另一方面实现了停车场向中心城方向的收发车功能。该配线形式具备越行配线功能，慢车走行内侧线路，快车走行外侧线路。谢墅站越行配线方案如图 11 所示。

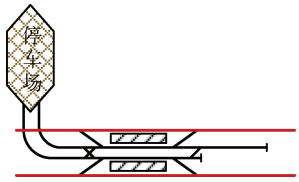


图 11　谢墅站越行配线方案

Figure 11　Overtaking track layout scheme for Xieshu Station

3) 长山村站。长山村站设置四线两侧车站，为远期高架车站、接轨长山村停车场。采用高架四线两侧式车站，具备出入线双方向收发车功能及快慢车越行功能。长山村站越行配线方案如图 12 所示。

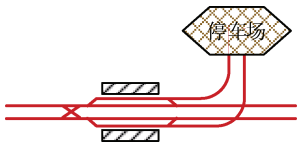


图 12　长山村站越行配线方案

Figure 12　Overtaking track layout scheme for Changshan Village Station

3.3　效益分析

3.3.1　时间效益分析

采用快慢车运营方案，可实现宁波枢纽至核心区快速列车 22 min 到达、北仑组团至核心区快速列车 25 min 到达，快慢车运营时间分析如表 2 所示。相较于沿线小汽车出行及既有轨道交通 1/2 号线出行，具有明显的时间优势。6 号线运营时间目标如图 13 所示。

表 2　快慢车运营方案时间效益分析

Table 2　Time efficiency analysis of the express-local operation plan

区段	区段长度/km	普速列车		通勤快车		特快列车	
		单程运行时间	旅行速度/(km/h)	单程运行时间	旅行速度/(km/h)	单程运行时间	旅行速度/(km/h)
全线(宁波枢纽—闽江路)	55.4	1 h 5 min 42 s	51.2	59 min 42 s	56.5	53 min 42 s	62.9
一期工程(宁波枢纽—红联)	39.7	50 min 19 s	52.1	46 min 19 s	57.1	—	—
宁波枢纽—正大路	21.1	26 min 30 s	49.2	24 min 30 s	53.3	22 min 30 s	58.3
松花江路—正大路	28.2	32 min 52 s	26.1	28 min 52 s	59.7	24 min 52 s	66.8

3.3.2　运营经济性分析

快慢车越行方案较站站停方案节省车底周转效率，以快线标准 2 km 站间距为例，越行快车较站站停列车节省列车起停时间 37 s、站停时间 30 s，合计共 67 s。快慢车牵引计算时间差异如图 14 所示。

据统计，列车牵引能耗成本占运营总能耗成本

40%，运营成本占比如图 15 所示。快慢车越行方案比站站停方案的列车起停所引起的牵引、制动能耗成本低，按一次起停能耗 30 kWh、电费 0.7 元/kWh 估算，减少一次起停可节省电费 21 元。远期快慢车方案平均每年可节省电费约 450 万。

3.3.3 社会效益分析

2024 年宁波年人均生产总值 186 379 元，年工作时间=248(年工作日)×8×60=119 040 min，人均产值是 1.57 元/min。

根据快慢车运营方案，得到不同运营组织模式的出行时间差异，结合预测的日均站间客流 OD，计算出宁波枢纽—中心城、北仑—中心城区段客流乘坐快车节省时间所创造的社会价值。

经核算，并结合客流 OD 和运营组织方案、全日行车计划计算快车社会经济性，社会效益计算如表 3 所示。

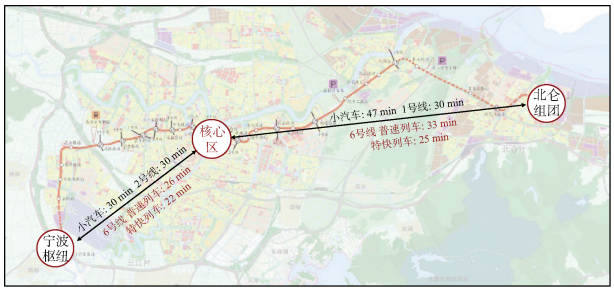


图 13 快慢车运营方案时间目标示意

Figure 13 Time targets of the express-local operation plan

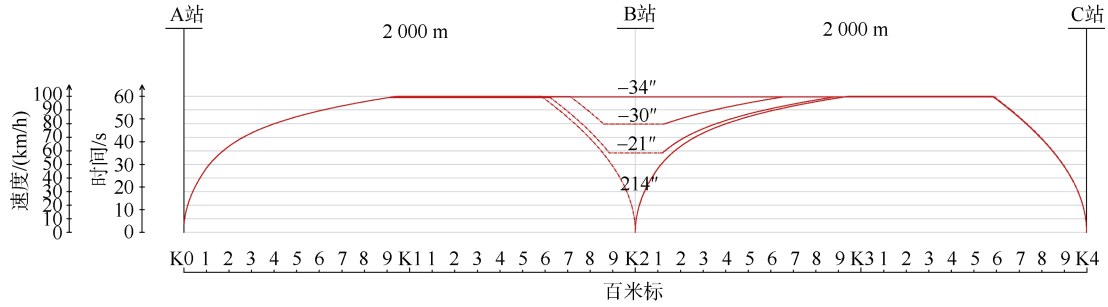


图 14 快车与站站停列车速度曲线牵引计算模拟示意

Figure 14 Simulated traction speed curves for express and all-stop trains

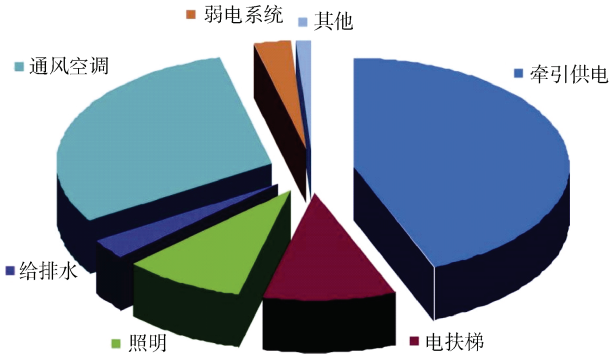


图 15 运营成本占比示意

Figure 15 Operating cost composition

表 3 快慢车运营方案社会效益

Table 3 Social benefits of the express-local operation plan

阶段	区段	区段OD客流/人次	快车分担区段OD客流/人次	大站快车节约时间/min	全天快车节省时间/min	日均多创造的社会价值/万元
初期	东西段	26 637	11 099	6	66 592.5	10.5
近期	东西段	43 592	18 163	6	108 980	17.1
远期	西段	66 713	33 357	2	66 713	10.5
	东段	37 705	18 853	4	75 410	11.8

经核算，初期每年多创造的社会价值 2 593 万元，近期每年 4 243 万元，远期每年 5 534 万元。25 年运营期，预计多创造社会经济效益约 12 亿元，年均多创造的社会价值约 4 820 万元。

4 结论

1) 宁波城市轨道交通建设面临高效利用有限交通廊道资源的现状。宁波轨道交通 6 号线采用快慢车运营模式实现普线与快线的廊道合一，避免过度建设新线路造成资源浪费，提高通道利用率并满足多样化出行需求。

2) 宁波轨道交通 6 号线采用快慢车运行实现较好的时间经济效益。通过合理设置越行配线、利用行车间隔空挡，实现了远期通勤快车越行 6 座车站、节省运营时间约 6 min，特快列车越行 12 座车站、节省运营时间约 12 min。

3) 宁波轨道交通 6 号线采用快慢车运行实现较好的社会经济效益。通过初期较少的工程投资规模增加，实现了运营期经济效益的提升：初期每年多创造的社

会价值 2 593 万元，近期每年 4 243 万元，远期每年 5 534 万元。未来 25 年的运营期，预计多创造社会经济效益约 12 亿元，年均多创造的社会价值约 4820 万元。

参考文献

[1] 中国城市轨道交通协会.《城市轨道交通 2024 年度统计和分析报告》精要解读[J]. 城市轨道交通, 2025(4): 22-25.

[2] 赵墨林, 顾保南. 国外百万级人口城市快速轨道交通系统分析与启示[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(12): 11-16.
ZHAO Molin, GU Baonan. Analysis and insights into rapid rail transit systems in foreign cities with million-level population[J]. Urban mass transit, 2023, 26(12): 11-16.

[3] 高国飞, 张星臣, 陈修全, 等. 市域快速轨道交通快慢车运行组织下越行站设置方法及模型研究[J]. 铁道学报, 2021, 43(12): 8-19.
GAO Guofei, ZHANG Xingchen, CHEN Xiuquan, et al. Method of setting overtaking stations and model under express and local coordinated operation of regional rapid rail transit[J]. Journal of the China railway society, 2021, 43(12): 8-19.

[4] 陈晓峰. 上海轨道交通 16 号线快慢车运行方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2014, 17(5): 68-72.
CHEN Xiaofeng. On express/slow train operation program on Shanghai rail transit Line16[J]. Urban mass transit, 2014, 17(5): 68-72.

[5] 孙元广, 史海欧. 市域线快慢车组合运营模式研究与实践[J]. 都市快轨交通, 2013, 26(2): 14-17.
SUN Yuanguang, SHI Haiou. Study and practice of operating express/slow trains on urban railway lines[J]. Urban rapid rail transit, 2013, 26(2): 14-17.

[6] 周旭. 成都市轨道交通市域快线关键技术研究及应用[J]. 现代城市轨道交通, 2020(11): 1-6.
ZHOU Xu. Research and application of key technologies of Chengdu rail transit express line[J]. Modern urban transit, 2020(11): 1-6.

[7] 戴智, 王小龙, 韩延彬, 等. 粤港澳大湾区城际铁路公交化运营模式下服务提升对策研究：以广佛都市圈为例[J]. 都市快轨交通, 2024, 37(4): 9-15.
DAI Zhi, WANG Xiaolong, HAN Yanbin, et al. Counter-measures for service improvement under bus-like operation of intercity railways in the Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area: a case study of the guangfo metropolitan region[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(4): 9-15.

[8] 石修路. 基于行车均匀度的快慢车能力折损研究[J]. 都市快轨交通, 2021, 34(5): 94-99.
SHI Xiulu. Capacity loss in the mode of express/slow urban rail transit based on train evenness[J]. Urban rapid rail transit, 2021, 34(5): 94-99.

[9] 闻千, 付义龙, 荆敏. 城市轨道交通既有线路开行快慢车方法研究[J]. 都市快轨交通, 2024, 37(1): 95-101.
WEN Qian, FU Yilong, JING Min. Methods for running express/local trains on existing lines of urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(1): 95-101.

[10] 闻千. 日本筑波快线快慢车行车组织特点及启示[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(6): 137-146.
WEN Qian. Characteristics of express/local train operation organization of tsukuba express and related inspirations[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(6): 137-146.

（编辑：傅依萱）

封面车站设计理念

天河公园站为三线换乘车站，是广州地铁线网的重要交汇点，其中十一号线与二十一号线已开通运营。十三号线二期天河公园站全长约 280 m，标准段宽约 34 m，深约 27 m，为地下三层结构，沿用“浩瀚天际，天河星雨”的主题概念，打造兼具艺术性与功能性的地铁空间。在整体空间布局上，设计采用规整的几何形式，构建出以灰色为主的空间基调，并融入线性灯带，勾勒出光影线条。同时，以星空图案冲孔铝板为主题元素，搭配层叠错落的天花造型，与点状星光形成虚实映衬，营造出浩瀚星空的璀璨意境。

广州地铁集团有限公司 供稿