

# 地铁列车运行间隔调整对高峰时段拥挤度的作用分析

白洛鹏

西安市轨道交通集团有限公司运营分公司 陕西 西安 710016

**【摘要】**：针对城市地铁高峰拥挤难题，本文围绕列车运行间隔调整的影响展开分析。立足高峰客流潮汐特性与当前间隔设置的适配不足，厘清二者核心关联及精准匹配、安全统筹等关键议题，构建三大实施路径：基于客流精准画像的优化方案编制、安全与效率协同的动态调整模式、效果评估与迭代完善机制。量化分析与实操策略结合，推动运行间隔与高峰客流精准契合，强化拥挤缓解成效，为地铁运营运力优化提供实践借鉴。

**【关键词】**：地铁运行间隔调整；高峰时段拥挤度；运力优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.017

## 引言

城市地铁早已成为通勤出行的核心依托，早晚高峰客流集中爆发引发的拥挤问题，直接影响出行舒适度与运营安全性。现有固定化、粗放式运行间隔难以适配客流动态波动，既可能造成运力浪费，也可能出现供给滞后情况。本文围绕运行间隔调整对高峰拥挤度的影响开展研究，剖析二者核心关联与现实矛盾，构建科学可行的实施路径，为提升地铁高峰运营质量、缓解拥挤压力提供理论与实践支撑。

## 1 城市地铁高峰运营现状与运行间隔优化需求

城市地铁高峰运营凸显通勤潮汐特性，早晚7-9点、17-19点客流集中爆发，核心线路与换乘枢纽瞬时客流往往超出车站设计承载容量，车厢满载率多在120%以上，热门区段频繁出现乘客滞留站台、上下客耗时增加、列车准点受扰等情况。拥挤状况既降低乘客出行舒适度，还可能诱发踩踏风险、延误扩散等连锁问题，成为制约地铁运营服务质量的关键瓶颈<sup>[1]</sup>。多数线路现行固定化或粗放式运行间隔设置，难以适配高峰客流动态波动：早高峰初期客流递增阶段间隔偏长造成运力供给滞后，中期核心区段客流饱和和时间间隔调整缺乏精准度，末期客流回落阶段间隔未及时优化又形成运力浪费。立足高峰客流时空分布规律、区段拥堵差异等具体特征，优化运行间隔设置，既是缓解地铁高峰拥挤、提升运营效率的核心诉求，也是实现地铁运力与客流需求精准契合的关键路径。

## 2 地铁运行间隔与高峰拥挤度的核心关联及关键问题

地铁运行间隔作为高峰时段运力供给的核心参数，与车厢及站台拥挤度存在直接紧密关联，间隔设置影响单位时间列车输送能力，进而决定客流疏散效率与拥挤程度。实际运营中二者并非简单线性对应，衍生出一系列制约调控效果的关键问题。运行间隔调整未能与高峰客流时空分布精准匹配，对不同

区段、不同时段拥挤特征响应欠缺。间隔优化过程中，信号系统能力、列车折返效率、行车安全阈值的综合统筹不足，单纯压缩间隔易引发运营风险，保守设置又无法有效缓解拥挤。当前缺乏间隔调整与拥挤度改善的量化对应关系，不同调整幅度实际作用尚不明确，多线路换乘节点间隔协同不够，单一线路优化难以从整体降低高峰拥挤度，限制了运行间隔对拥挤度的调控作用。

## 3 强化运行间隔调整对高峰拥挤度缓解作用的实施路径

为系统性落地运行间隔调整对高峰拥挤度的缓解作用，需遵循“数据驱动-方案优化-动态执行-评价迭代”的核心逻辑，各环节层层递进、闭环衔接，具体实施流程见图1

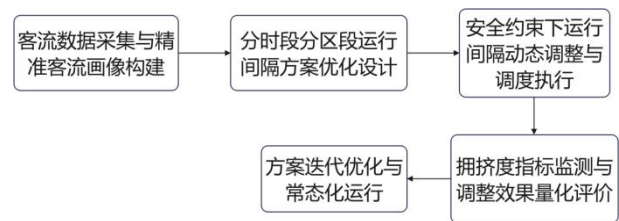


图1 地铁列车运行间隔调整缓解高峰拥挤度实施流程图

### 3.1 基于客流精准画像的运行间隔优化方案设计

城市地铁自动售检票系统、车载客流监测设备、站台视频客流统计终端及换乘通道客流采集设备提供数据支撑，整合高峰时段进出站客流、车厢实时满载、区段客流流动及换乘客流衔接数据，以5分钟为单位实时更新，剔除极端天气、临时管制等异常客流波动干扰，构建覆盖时间与空间维度的精准客流画像。时间维度上，早晚高峰划分为客流爬升期、峰值期、回落期三个阶段，借助大数据分析与机器学习算法拟合预测历史及实时客流，精准捕捉各阶段客流增速、峰值时长与衰减速率，明确不同时段运力缺口。空间维度结合站点功能属性划分通勤

主导站、商业集中站、综合换乘站等类型，区分核心拥挤区段、常规客流区段、外围疏导线段，定位车厢拥挤度超标的重点站点与区间，规避全线统一调整间隔导致的运力分配失衡。结合客流画像结果，摒弃传统固定间隔模式，客流峰值期核心区段采用2-3分钟紧凑型运行间隔，爬升期与回落期设置4-6分钟梯度化间隔，匹配列车折返能力与车辆投放数量，确保间隔调整与实际运力供给契合，精准化间隔方案让运力投放直接对接高峰拥挤核心区域与关键时段，从源头强化间隔调整对拥挤度的缓解针对性。

### 3.2 安全与效率协同的运行间隔动态调整机制

坚守地铁运营安全底线，以信号系统承载能力、列车行车间距、站台客流疏散能力为硬性约束，通过仿真模拟测试明确不同线路最小安全运行间隔阈值，一般控制在1.5-2分钟，杜绝盲目压缩间隔带来的行车风险与站台安全隐患。安全阈值动态校验机制同步落地，结合信号设备实时运行状态、列车制动性能监测数据，每季度实施一次仿真复核，保障最小间隔的安全性及适配性。客流数据与行车调度联动平台同步构建，设定车厢满载率超110%、站台滞留人数超30人、上下客耗时超90秒等关键触发指标，按超标程度划分三级响应等级，指标超出预设阈值即自动启动对应间隔加密程序，安全阈值范围内以30秒为单位逐步缩短列车发车间隔，快速提升运力供给<sup>[2]</sup>。高峰运营期间，调度中心实时统筹全线客流变化，搭建调度、车辆段、车站三方实时通信渠道，针对突发大客流实施即时干预，实现间隔调整的实时响应与灵活适配。多线路换乘节点间隔协同调度持续强化，间隔加密过程中同步优化站台导流与换乘组织，车站广播与地铁APP同步推送客流预警，避免单一线路间隔调整不当造成换乘站客流积压，在保障行车、站台及乘客安全的前提下，充分释放运行间隔调整效能，实现安全管控与拥挤缓解双向协同，让间隔调整在安全框架内发挥最

### 参考文献：

- [1] 张伯男,姚向明,赵鹏,杨中平,杨建国.考虑高平峰差异的城市轨道交通节能运行图优化研究[J].交通运输系统工程与信息,2024,24(3):164-171193.
- [2] 马骁.广州地铁6号线萝岗车辆段早高峰时段发车效率分析及其提升对策[J].城市轨道交通研究,2022,25(4):147-151.
- [3] 任付凯,陈震,苏志诚,王乐.高峰时段地铁行车组织调整策略探讨[J].建筑与工程,2025,1(2):4-6.

优疏解作用。

### 3.3 运行间隔调整对高峰拥挤度缓解作用的效果评价与迭代优化

为形成科学完善的效果评价体系，选取车厢满载率、站台乘客滞留时长、列车上下客作业时间、线路运营准点率、乘客出行舒适度等核心指标，运用层次分析法确定指标权重，构建综合拥挤缓解指数，量化评估不同运行间隔方案对高峰拥挤度的实际缓解作用，对比调整前后指标数据，清晰界定间隔调整的作用幅度与实施成效。建立全周期数据监测与复盘机制，每日收集间隔调整实施过程中的客流数据、运营数据与拥挤度数据，每周开展阶段性效果汇总，每月推进综合分析，精准识别当前间隔方案的短板与不足。通过线上问卷、站台扫码调研等方式收集乘客主观反馈，与客观数据融合形成评价依据。依据评价结果构建优化闭环，针对作用不显著的时段与区段，重新修正运行间隔参数，结合工作日、节假日、季节变化及大型活动等不同场景的客流特征，制定常态化与应急化备用方案。搭建客流与运营数据库，实时同步更新数据，积累长期调整经验，为后续高峰时段运行间隔优化提供数据支撑与实践参考，通过持续评价、反馈与优化，不断强化运行间隔调整对高峰拥挤度的缓解作用，实现地铁运营运力与客流需求的长期动态匹配，让间隔调整的治理效果保持稳定且持续提升<sup>[3]</sup>。

### 4 结语

本文系统分析地铁运行间隔调整对高峰时段拥挤度的缓解作用，明确客流适配、安全协同等核心要点，提出精准画像优化、安全动态调整、评价迭代优化三大实施路径，为实际运营提供清晰指引。科学调整运行间隔可实现运力供给与高峰客流动态匹配，降低拥挤水平。该研究为地铁运营优化提供实用参考，助力提升乘客出行舒适度与线路运营效率，推动城市轨道交通可持续发展。