

城市轨道交通车辆段出入线布置对正线运营干扰的影响探讨

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】：城市轨道交通朝着网络化、高密度运营方向发展，车辆段出入线作为衔接正线与车辆段的关键行车通道，布置合理性直接关联正线运营的稳定与高效。本文聚焦出入线布置对正线运营的干扰问题，深入剖析系统性核心干扰及对运营效率、安全服务质量的多重影响，从规划设计与运营管控层面给出针对性优化措施，为减少行车冲突、提升轨道交通系统整体运营水平提供理论参考与实践依据。

【关键词】：城市轨道交通；车辆段出入线；正线运营干扰

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.033

引言

我国城市轨道交通现已迈入网络化高密度运营阶段，行车密度与运营效率的要求不断提高。车辆段出入线承载列车出入段的核心功能，接轨位置、线路形式及平纵断面设计等方面，均直接作用于正线行车组织。出入线布置不合理往往导致进路交叉、时序冲突等情况，干扰正线通行能力、行车安全与客运服务质量。本文围绕这一课题，分析干扰产生的影响并探索优化对策，为运营组织优化提供支撑。

1 城市轨道交通发展现状与车辆段功能定位

我国城市轨道交通已迈入网络化高密度运营阶段，正线行车效率与运营稳定性是保障线路服务质量的核心指标，行车密度不断提升让线路衔接节点的运行适配性面临更高标准。车辆段是轨道交通车辆停放、检修、整备的核心载体，与正线之间的出入线作为列车投入运营与返回检修的唯一衔接通道，承载列车出入段的关键行车功能^[1]。多线路交织、高峰时段行车间隔持续压缩的运营场景中，出入线的接轨位置、平纵断面设计、行车进路布置等关键要素，直接决定其与正线行车组织的适配程度。出入线布置不合理会导致列车出入段作业与正线行车出现进路交叉、时序冲突，挤占正线行车资源，干扰正常行车秩序。出入线布置与正线运营的协同适配性，直接影响轨道交通系统整体运营效率，其对正线产生的各类干扰，成为当前轨道交通运营组织优化中需重点研究的现实课题。

2 出入线布置对正线运营干扰的核心影响与表现

2.1 出入线布置引发的正线运营系统性核心干扰

出入线布置对正线的干扰并非单一环节的局部问题，而是线网规划、线路设计与行车组织底层逻辑不匹配催生的系统性矛盾，核心干扰聚焦接轨节点选择、线路衔接形式及空间布局适配性三个关键层面，直接决定正线运营的基础运行秩序。车辆段出入线与正线的接轨位置是干扰产生的核心源头，接轨点

若落在正线客流集散能力强、行车密度高的核心区段，或是临近车站咽喉区、折返线、渡线等关键行车节点，正线行车进路与出入段列车进路便会形成刚性交叉，这种空间布局上的先天缺陷无法通过后期运营调度彻底弥补。单线出入线布置形式下，列车入段与出段作业共用同一线路，难以实现双向行车独立运行，高峰时段极易出现列车排队等待进路的情况，进而向正线传导行车压力。平交接轨布置方式会让出入线列车与正线列车共享信号区段和道岔资源，进路锁闭、信号开放的时序冲突直接打破正线原本稳定的行车逻辑，成为贯穿行车组织全过程的系统性干扰。出入线平纵断面设计不合理，曲线半径过小、坡度设置不匹配等情况，会限制出入段列车的运行速度，延长列车占用正线接轨岔区的时间，进一步放大概节节点的运行矛盾，这种设计层面引发的核心干扰，会渗透到列车运行、调度指挥、信号控制等各个系统环节，形成难以消解的系统性运营风险。

2.2 对正线运营效率与通过能力的干扰影响

出入线布置不当会直接压缩正线理论通过能力与实际运营效率，高密度行车场景下这类干扰更趋明显，成为制约线路运能释放的关键瓶颈。正线通过能力离不开稳定行车间隔与连续行车流，出入段列车穿越或接入正线时，信号系统需预留进路并暂时封锁对应区段，调度实施精细化调整也难以避免正线行车间隔被动拉大。高峰时段正线行车间隔多压缩至两分钟以内，出入段作业的微小干扰即引发连锁反应，列车占用道岔与进路的时间直接缩减正线列车通行窗口，减少单位时间开行数量。出入线采用单侧接轨、单线运行布置时，入段与出段列车的作业冲突更为突出，列车检修完毕集中出段、运营结束前列车集中入段等情形下，正线行车流会出现明显断点，部分正线列车需在站内或区间等待避让，线路整体周转效率随之下降^[2]。不当的出入线布置还会限制调度人员的灵活调整空间，正线遭遇临时晚点、设备故障等突发情况，调度无法借助调整行

车路径、加开临时列车等方式快速恢复秩序,出入线衔接节点成为运营调整盲区,晚点现象持续扩散,正线运营效率进一步降低,线路实际通过能力远低于设计标准,难以匹配客流增长的实际需求。

2.3 对正线运营安全、稳定性与服务质量的干扰影响

出入线布置造成的干扰既影响运营效率,也直接威胁正线行车安全、破坏运营系统稳定性,还会大幅降低乘客出行服务体验。行车安全领域,出入线与正线的衔接岔区属于高风险点,布置未预留充足安全防护距离、信号联锁逻辑存在漏洞,道岔操作与信号开放配合存在时间差,都容易诱发进路冲突、列车侧面冲撞等隐患。出入段与正线列车的速度差异、瞭望条件受限等因素会增加司机操作难度,夜间、恶劣天气等特殊工况下,这类安全风险会进一步攀升。运营稳定性上,出入线作业引发的行车干扰带有传导性与累积性,单次出入段作业造成的正线列车晚点会在后续行车中持续叠加,网络化运营背景下,一条线路的运营紊乱会通过换乘节点扩散至线网其他线路,破坏整体稳定性。不合理布置会削弱正线抗干扰能力,设备故障、客流突增等突发状况可能因衔接节点瓶颈效应被放大,导致运营秩序难以快速恢复。乘客服务质量方面,正线列车为避让出入段列车出现的临时停车、运行缓慢、到站晚点等情况,会直接延长乘客出行时间,违背轨道交通准点高效属性。大客流时段,列车晚点引发车站客流积压,加剧拥堵,既影响出行体验,也加重客运组织压力。

3 缓解正线运营干扰的出入线布置优化对策

为系统性落实出入线布置优化思路、精准消解正线运营各类干扰,以下通过流程图清晰呈现从设计源头到运营管控的完整实施逻辑,见图1



图1 车辆段出入线布置优化缓解正线运营干扰实施流程图

车辆段出入线布置优化需从规划设计源头与运营管控层面协同推进,精准消解对正线的各类干扰。线路设计阶段应合理选定接轨位置,避开正线行车密集区段与车站咽喉核心区域,采用双线独立布置模式实现入段与出段作业分离,从空间维度消除进路交叉冲突;优化出入线平纵断面参数,选用适配的曲线半径与坡度条件,提升列车出入段运行速度,缩短占用正线衔接区段的时长。运营组织层面需建立出入段作业与正线行车的协同调度机制,高峰时段执行错峰出入段方案,减少与正线行车的时序重叠;完善信号联锁控制逻辑,强化接轨岔区的安全防护功能,提升行车指令的精准度。设计优化与运营管控的有机结合,能从根源降低出入线作业对正线通过能力、行车安全及运营稳定性的干扰,保障轨道交通系统高效平稳运行^[3]。

4 结语

车辆段出入线布置存在的缺陷,会从系统、效率、安全等多个维度对正线运营产生持续且连锁的干扰,制约线路整体运营品质与服务水平。科学选择接轨位置、采用双线独立布置、优化线路技术参数、强化协同调度与信号防护,能够有效缓解各类干扰。城市轨道交通后续建设与运营过程中,需统筹规划设计与现场管理,实现出入线与正线行车的高效协同,保障城市轨道交通系统安全、稳定、高效运行。

参考文献:

- [1] 张碧纯.城市轨道交通车辆段/停车场出入段线的设计研究[J].流体测量与控制,2021,2(3):42-46.
- [2] 罗程,孙靖翔.城市轨道交通全自动运行车辆段出入段线设计方案比选研究——以绍兴市轨道交通2号线曹娥车辆段为例[J].现代城市轨道交通,2024(9):5-9.
- [3] 靳国锋,张代玉.城市轨道交通既有车辆段信号系统改造的联锁接口方案[J].城市轨道交通研究,2024,27(4):233-237.