

地铁延伸线贯通运营后的行车组织工作探讨

范勇岐 朱文锋 王相东

青岛地铁运营有限公司 山东 青岛 266000

【摘要】：城市发展促使地铁延伸线频繁涌现并实现贯通运营。这一转变带来诸多挑战，如客流分布的显著变化、线路衔接的复杂难题等。在此背景下，本文围绕行车组织关键环节展开深入探讨。涉及依据大数据精准优化列车运行图，通过智能平台强化调度指挥协同，利用多元策略管控车站客流，以及适配升级设备设施。旨在全方位保障地铁运营的高效与安全，提升乘客出行体验，为地铁运营部门提供切实可行的实践参考。

【关键词】：地铁延伸线；行车组织；客流管控；运行图优化；设备适配

DOI:10.12417/2705-1358.25.16.015

引言

当下，城市化进程高歌猛进，城市边界不断拓展，既有地铁线路的延伸成为顺应城市发展的关键举措。地铁延伸线一旦贯通，运营格局随之革新，线路里程大幅拉长，车站数量持续增加，客流分布呈现出前所未有的复杂态势。深入研究如何在地铁延伸线贯通运营后优化行车组织，对于提升城市公共交通服务水平、保障城市有序运转具有不可估量的重要意义，亟待我们展开细致剖析。

1 列车运行图调整难题

在地铁延伸线开通之后，线路结构发生了翻天覆地的变化，不同区域、不同时间段的客流差异愈发显著。高峰时段，中心城区向新城区方向的客流如汹涌潮水般涌来，部分区间常常出现列车满载甚至超载的情况。以某一典型工作日早高峰为例，中心城区某核心站点的站台，乘客们摩肩接踵，前胸贴后背，拼命往车厢里挤。车门反复关闭又打开，因为总有乘客的身体部分卡在门口，导致无法正常闭合。站台上焦急等待的乘客们，望着一趟趟满载的列车呼啸而过，却挤不上车，乘车舒适度骤降，怨声载道。而在非高峰时段，尤其是工作日白天新城区部分区间，客流量稀少，列车近乎空载运行。一节节空荡荡的车厢在轨道上穿梭，偶尔只有寥寥几个乘客，形成了鲜明的反差。这种状况下，宝贵的运能被极大地浪费，每一趟空驶的列车都意味着资源的闲置，就像一艘在广阔大海中几乎空舱航行的货轮。传统相对固定的运行图，在这种复杂的客流环境下，如同老态龙钟的马车，无法在新时代的轨道上有效平衡运能与需求之间的矛盾。

为应对这一困境，充分借助大数据技术成为破局的关键。深度挖掘历史客流数据，如同在浩渺的信息海洋中探寻宝藏，精准分析各区间、各时段的客流规律。从时间维度来看，不再是简单的高峰与非高峰划分，而是精细地划分出超高峰、高峰、平峰、低峰等多个时段。超高峰可能是工作日早上8点到9

点，这个时段中心城区核心商务区周边站点，通勤客流高度集中。在某大型金融中心附近的地铁站，每分钟都有大量西装革履的上班族涌入，他们步伐匆匆，赶着去开启一天的工作，形成了密集的人流。从空间区段来看，将线路按照商业区、住宅区、工业区等功能区以及新旧城区进行细致划分。像新城区的大型住宅区，早上通勤时段乘客多前往中心城区工作，而晚上则反向流动。在新城区一个拥有数万户居民的大型社区附近地铁站，早上七点到八点半之间，出站乘客数量急剧攀升，大多前往中心城区各个写字楼；而到了晚上六点之后，进站乘客明显增多，都是结束一天工作回家的居民。基于这些精细分类，设计出多套具有高度灵活性的运行图方案，以适应复杂多变的客流。

在具体实施策略上，比如在早晚高峰时段，面向通勤客流集中方向，采取加密发车频次的策略，最小发车间隔可压缩至2-3分钟，让乘客能够像乘坐快速公交一样，快速上车，大大减少站台候车时间。在某条通勤线路上，通过这种加密发车的方式，原本在站台上焦急等待半小时才能上车的乘客，如今平均候车时间缩短至5分钟以内，极大地提升了出行体验。在平峰时段，适当疏散发车密度，延长发车间隔至8-10分钟，避免运能浪费。结合特殊节假日、大型活动等特殊时段的客流预测，提前储备应急运行图。在举办大型演唱会的场馆附近站点，提前预测散场时大量客流集中出站的情况，准备专门的运行图，增加列车班次，确保乘客能够安全、快速疏散，做到未雨绸缪，全方位提升运输效能。曾经在一场吸引数万人观看的演唱会结束后，由于提前启动了专门的运行图，地铁站虽然人流如织，但秩序井然，观众们在短时间内有序疏散，未出现任何拥堵和混乱情况。

2 调度指挥协同要点

地铁延伸线贯通后，往往涉及多个控制中心、多条线路之间的调度交接工作，信息传递的及时性与准确性成为高悬在运营头顶的达摩克利斯之剑。一旦信息沟通不畅，极有可能引发

行车事故,后果不堪设想。在换乘节点处,如果一条线路出现设备故障导致延误,若不能及时将信息传递给与之相连的线路调度员,后续换乘乘客将大量积压,如同决堤的洪水,造成整个换乘区域的混乱。在某大型换乘枢纽,曾因一条线路的信号设备突发故障,列车延误了15分钟,而该信息未能及时传达给相邻线路调度员。短短几分钟内,换乘通道内就挤满了焦急等待的乘客,他们相互推搡,抱怨声此起彼伏。通道内原本有序的队伍被冲散,乘客们在混乱中不知所措,甚至有乘客差点摔倒,险些引发安全隐患,严重影响地铁运营的正常秩序。

构建统一智能调度平台势在必行。该平台需全面整合各线路的行车数据、设备运行状态、实时客流信息等,就像一个超级大脑,实现可视化的全方位监控。通过权限设置,让不同岗位的调度员能够实时共享关键信息。当某一区间出现突发状况,如轨道故障,现场维修人员第一时间将故障详情上传至平台,包括故障位置、类型、预估修复时间等。本线路调度员迅速制定初步调整方案,如调整后续列车运行速度、变更停车站点等。同时相邻线路调度员同步接收信息,依据全局情况协同决策,判断是否需要调整换乘站客流组织,如增加引导人员、调整闸机开放方向,以及关联线路的发车顺序,确保整个网络的运营能够在突发状况下保持相对稳定。在一次轨道故障应急处理中,通过统一智能调度平台,各线路调度员紧密配合,迅速调整列车运行方案,原本预计会造成全线大面积延误的情况,最终仅对部分区间产生了短暂影响,保障了整体运营的基本顺畅。

在日常运营中,各调度员还应定期开展联合模拟演练,模拟各种突发场景,包括火灾、地震、设备大面积故障等。在模拟火灾演练中,从发现火情、报告火警、疏散乘客到组织灭火、恢复运营,各环节紧密衔接。通过实战演练不断磨合协同机制,让各调度员之间的配合更加默契,提高应对突发事件的联动效率。在演练后,进行复盘总结,分析流程中的问题并改进,确保在关键时刻能够迅速、有序地保障全线运营平稳,为乘客的安全出行保驾护航。每次演练结束后,都会组织调度员们围坐在一起,详细回顾演练过程中的每一个细节,从信息传递的速度到决策执行的效果,逐一进行分析讨论,找出存在的问题并制定改进措施,为下一次应对真实突发事件做好充分准备。

3 车站客流管控策略

新站点开通后,周边区域的客流如潮水般迅速向地铁汇聚,尤其是换乘站,客流量呈几何倍数增长,压力随之骤增。以某大型换乘站为例,它连接着三条地铁线路,工作日早高峰期间,每小时换乘客流可达数万人次。原本宽敞的通道,在如此庞大的客流冲击下,瞬间被人群填满,狭小的空间让乘客们举步维艰。有限的闸机数量此时成为了客流瓶颈,乘客们在通道中只能缓慢挪动,恰似一群被困在狭窄河道里的鱼儿,无法

畅快游动。这种情况下,极易引发站内拥堵,甚至会影响列车正常进出站。在该换乘站的一个早高峰,通道内的乘客几乎是一步一步往前艰难挪动,每挪动一小段距离都需要耗费极大的力气。闸机口前更是排起了一眼望不到头的长长的队伍,一些着急赶车的乘客,不断向前张望,脸上满是焦急之色,情绪也变得焦躁不安起来。一旦拥堵情况进一步加剧,极有可能导致乘客摔倒、踩踏等严重安全事故,后果不堪设想。

车站方面必须依据科学的客流预测提前布局。一方面,优化闸机布局,根据进站、出站以及换乘客流比例,合理分配闸机数量。在早上通勤时段,进站客流大,可将更多闸机设置为进站模式。设置双向可调节闸机,以便灵活应对不同时段客流向变化。拓宽通道宽度也是关键,拆除不必要的障碍物,诸如一些临时的广告展板、不合理设置的服务台等,确保客流能够顺畅流动,就如同拓宽河道能让水流更加通畅无阻。在一个原本拥堵的换乘通道,拆除了一处长期放置的大型广告展板,并拓宽了通道宽度后,客流速度明显提升,拥堵情况得到了极大缓解,乘客通行效率大幅提高。

另一方面,设置动态客流指示标识,利用电子显示屏实时显示各区域客流密度、列车到站时间、车厢拥挤度等信息。乘客在站台上可以清晰看到哪节车厢相对宽松,从而合理选择候车位置,也能根据列车到站时间规划自己的行程,选择更合适的出行路径。在某地铁站的站台上,电子显示屏实时更新着各车厢的拥挤情况,乘客们根据这些信息,自觉选择前往相对宽松的车厢候车,使得站台候车秩序更加井然,车厢内的乘客分布也更加均匀,有效提升了乘客的乘车体验。

在高峰时段,果断采取限流、分流措施。对于进站客流过大的站点,设置蛇形围栏,延长乘客进站路径,减缓客流冲击,就像在湍急的水流前设置一道缓冲带,削弱水流的冲击力。必要时实施分批放行策略,严格控制站台候车人数,确保站台安全无虞。针对换乘站,采取单向进出、设置隔离栏杆等方式,强制客流有序流动,避免出现客流对冲的混乱局面。借助智能引导系统,通过手机APP推送、站内广播等多渠道引导乘客错峰出行、避开拥堵站点。在手机APP上向乘客推送周边其他可替代的出行线路,告知当前拥堵站点的预计恢复时间,全方位确保乘降安全、站内秩序井然,让乘客在繁忙的地铁网络中能够安全、便捷出行。在一次早高峰期间,某地铁站通过手机APP向乘客推送了周边另一条相对顺畅的地铁线路信息,许多原本打算前往拥堵站点的乘客选择了新的线路,有效减轻了拥堵站点的客流压力,保障了整体运营的有序进行,使得地铁系统在高峰时段也能平稳运行。

4 设备设施适配措施

线路的延长对车辆性能、供电及通信稳定性提出了严苛考

验。从车辆角度而言,原有车辆的续航里程可能无法满足延伸线的运营需求,就像一辆油箱容量有限的汽车,无法在长途旅程中持续行驶。加速、制动性能在长距离、频繁启停的工况下也面临挑战,频繁的启动和刹车,使得车辆的动力系统和制动系统承受巨大压力。在延伸线运营初期,就曾出现过原有车辆因续航不足,在运行至线路末端时电量告急,不得不采取降速等应急措施的情况,严重影响了运营效率。供电系统方面,长距离供电线路会导致电压降增大,若缺乏冗余设计,一旦某一供电区段出现故障,就如同链条断裂,将影响大片区域的运营,使列车失去动力,停滞在轨道上。在某地铁延伸线的一次供电故障中,由于缺乏冗余设计,一个供电区段出现问题后,导致相邻的三个车站内的列车全部停运,大量乘客被困在车厢内,引发了极大的恐慌。

针对车辆问题,地铁运营部门需进行全面且细致的评估工作。对车辆的续航、加速、制动等关乎行车安全与效率的关键性能指标,逐一展开深入剖析。结合延伸线运营距离拉长、站点增多、运行环境变化等特点,着手引入并更新适配的新型车辆。新型车辆在设计上应具备一系列先进特性,首先是更高的能量回收效率,通过采用前沿的能量转换技术,在制动过程中能够精准且高效地将更多动能转化为电能并储存起来,从而大幅降低能耗,契合当下绿色节能的运营理念。要有更强的动力性能,其动力系统需经过精心调校与升级,确保在长距离运行中能够稳定维持预设速度,在站点停靠时能够快速启停,减少乘客等待时间。再者,需具备更长的续航能力,根据延伸线的实际运营里程需求,合理配置大容量电池或优化动力传输系统,满足延伸线的运营里程需求,确保在长线路运营中稳定可靠,从硬件层面为乘客提供安全、舒适的出行保障。以某地铁公司为例,在引入新型车辆后,展开了为期数月的实际运营测试。

参考文献:

- [1] 毛保华.城市轨道交通运营组织[J].中国铁道出版社,2019,3(1):22-30.
- [2] 徐瑞华.城市轨道交通规划与设计[J].同济大学出版社,2020,5(2):45-55.
- [3] 何宗华.城市轨道交通运营管理[J].中国建筑工业出版社,2018,4(3):12-20.
- [4] 丁建隆.城市轨道交通信号系统[J].西南交通大学出版社,2021,2(4):33-42.
- [5] 张庆贺.地铁工程设计与施工[J].人民交通出版社,2022,6(1):56-65.

在供电系统方面,强化冗余设计势在必行。通过采用多重备份供电线路,为地铁运营构建起稳固的电力保障网络。在线路铺设上,不同供电线路相互独立又相互配合,如同城市中规划合理的多条供水管道,即便主供电线路因设备老化、恶劣天气等突发状况出现故障,也能够凭借智能切换装置迅速切换至备用线路,保障如列车牵引系统、信号系统等关键设备供电不间断,维持地铁正常运行秩序。与此增设应急电源装置,作为应对极端情况的最后一道防线。这些应急电源装置经过严格的质量检测与性能优化,具备快速启动、长时间供电等特性,确保在复杂供电故障下,地铁仍能维持基本运行功能,保障乘客安全疏散。

通信网络升级更是重中之重,鉴于地铁运营对信息实时性、准确性的极高要求,需采用更先进的5G通信技术或光纤通信。5G通信技术凭借其超高速率、超低延迟的特性,能够极大地拓宽通信带宽,让海量数据得以快速传输。光纤通信则以其稳定可靠、抗干扰能力强的优势,进一步降低传输延迟,实现车地之间的实时、高速通信。还要建立完善的设备设施维护体系,定期对车辆、供电系统、通信网络等进行全面检测和维修,及时发现并解决潜在问题,确保设备设施始终处于良好运行状态,为地铁延伸线的安全稳定运营提供坚实保障。

5 结语

展望未来,地铁延伸线贯通运营后的行车组织优化之路前景广阔。随着人工智能、大数据等前沿技术的深度融合,智能算法将深度嵌入运行图编制过程,实现运能与客流的精准匹配,近乎实时动态调整运行计划。设备设施持续向绿色、智能迈进,新能源车辆广泛应用,供电通信更加稳定可靠。相信在各方协同努力下,地铁必将为城市发展注入源源不断的活力,开启更加便捷、高效、舒适的出行时代,助力城市向着更高目标腾飞。