

基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略研究

钟 杨

重庆市轨道交通（集团）有限公司 重庆 401120

摘要：城市轨道交通路网具有复杂的结构，客流分布不均，运营特点独特。深入分析这些特性后，我们发现运输需求与路网能力之间的匹配关系至关重要。为此，我们制定了一系列精细化的运输组织行车策略。这些策略不仅涉及列车运行图的灵活调整，还包括换车站运输组织的优化，旨在实现城市轨道交通的高效运转，提升乘客的出行体验。通过这些措施，我们能够更好地应对乘客日益增长的出行需求，确保城市轨道交通的顺畅与安全。

关键词：城市轨道交通；交通运输；组织行车

引言：在城市化浪潮的推动下，城市轨道交通以其大容量、高效率的特点，逐渐成为缓解城市交通压力、改善居民出行质量的关键力量。然而，随着城市规模的不断扩大，路网结构日趋复杂，客流分布愈加多变，同时乘客的出行需求也在日益增长。这使得传统的城市轨道交通行车组织方式面临巨大挑战。因此，如何科学规划、精细管理城市轨道交通的行车组织，确保其在复杂路网中高效、安全运行，成为了当前亟待解决的重要课题。

1 城市轨道交通路网特性分析

1.1 路网结构

城市轨道交通的路网结构是城市交通系统的重要组成部分，其设计的合理性和科学性直接影响到城市交通的流畅性和乘客的出行体验。在城市轨道交通路网结构分析中，我们需要关注其几何形状、布局特点以及与城市道路网的协调性。从几何形状上看，城市轨道交通路网的结构形式多种多样，包括放射形（星形）、条带形（树状结构）、放射加环形、棋盘形（栅格网状结构）等。这些不同的形状反映了城市轨道交通网络在城市空间中的布局特点，同时也体现了城市规划者对城市交通流向和客流分布的考虑。路网结构的布局特点主要体现在其与城市道路网的协调性上，城市轨道交通作为城市交通系统的重要组成部分，其路网结构应当与城市道路网相互衔接、相互补充，形成高效、便捷的城市交通网络^[1]。在城市轨道交通路网规划时，应当充分考虑城市道路网的布局特点，使两者在功能上相互协调、在结构上相互衔接。路网结构的合理性还需要考虑客流主方向和换乘便捷性，在确定路网结构时，应当首先考虑客流主方向，确保主要客流方向上的轨道交通线路能够覆盖到主要的客流节点。同时，还需要考虑换乘的便捷性，通过合理的换车站点设置和线路衔接，使乘客能够在较短时间内完成不同线路之间的换乘。

1.2 客流特性

客流特性主要反映了乘客的出行需求和出行模式，对城市轨道交通的运营管理和规划具有重要影响。时间分布特性表现为一天内不同时间段客流的差异，如早晚高峰时段的客流密集、平峰时段的客流较为稀疏等。空间分布特性则体现在不同站点、不同线路之间的客流差异，这与城市的用地性质、人口分布和经济发展等因素密切相关。不同出行目的的乘客在出行时间、出行方式和出行路径上存在差异，如通勤客流、休闲客流和购物客流等。出行距离的长短则直接影响到乘客对轨道交通服务的需求和期望，长距离出行的乘客更注重舒适性和便捷性，而短距离出行的乘客则更注重准时性和经济性。随着城市的发展、人口的增长和交通政策的调整，客流需求也会发生相应的变化。同时，季节变化、节假日、天气状况等因素也会对客流产生一定的影响，使客流呈现出一定的波动性。通过对客流特性的深入分析和研究，可以更好地了解乘客的出行需求和出行模式，为城市轨道交通的运营管理和规划提供科学依据。

1.3 运营特性

城市轨道交通作为现代城市公共交通的骨干，其运营特性对于保障城市交通的顺畅运行和提高服务质量至关重要。由于其采用专用轨道和信号系统，列车运行不受地面交通影响，能够确保按照预设的时间表运行，为乘客提供可靠的出行服务。同时，列车运行过程中的安全性也得到了有效保障，减少了事故发生的可能性。列车运行速度快，载客量大，能够迅速地将大量乘客从一个地点运送到另一个地点，有效缓解城市交通拥堵问题。此外，列车在行驶过程中采用电力驱动，减少了对环境的污染，符合绿色出行的理念。虽然建设初期投资较大，但一旦建成并投入运营，其运营成本相对较低，且随着运营时间的增长，成本会逐渐降低。由于采用自

动化和智能化技术,减少了人力资源的需求,降低了人力成本。为了满足不同乘客的需求,城市轨道交通提供了多种类型的列车服务,如普通列车、快速列车、直达列车等。同时,还提供了多种购票方式,如单程票、储值票、电子票等,方便乘客购票乘车。

2 基于路网的城市轨道交通运输需求分析

2.1 客流量时空分布特征

在城市轨道交通运输需求分析中,客流量的时空分布特征是不可忽视的关键因素,它直接反映了乘客出行的规律,影响着列车的发车频率、停靠站点和换乘站的设计,对于优化运输组织和提升乘客满意度具有重要意义。(1)时间维度:客流量在一天中的不同时间段呈现出明显的波动性。早晚高峰时段,尤其是上班和下班时间,客流量达到峰值;而在非高峰时段,客流量相对较低。此外,周末和节假日的客流量分布也与工作日有所不同。(2)空间维度:客流量在不同地区的分布也存在显著差异。商业区、居民区、学校和办公区等人流密集区域的客流量普遍较高;而偏远地区或人口稀少区域的客流量相对较低。(3)线路维度:不同轨道交通线路的客流量也有很大差异。主要干线和连接重要区域或设施的线路客流量较大;而支线或次要线路的客流量相对较小。(4)站点维度:各个轨道交通站点的客流量也呈现出不同的特征。大型换乘站、枢纽站或位于重要设施附近的站点客流量较大;而小型站点或偏远站点的客流量较小。(5)方向性:客流量在不同方向上也表现出一定的差异。

2.2 客流预测方法与模型

在城市轨道交通系统中,客流预测是制定运输策略、优化运营组织的重要依据,客流预测的准确性直接影响到城市轨道交通的运输效率和乘客满意度。因此,选择合适的客流预测方法与模型至关重要。常见的客流预测方法包括时间序列预测法、回归分析法和机器学习法等。时间序列预测法主要基于历史客流数据的变化趋势来预测未来客流,适用于客流数据呈现周期性或季节性变化的情况。回归分析法则是通过分析客流与各种影响因素(如天气、节假日、经济状况等)之间的关系,建立回归模型来预测客流。而机器学习法则通过训练模型学习历史客流数据中的规律,实现客流预测。在客流预测模型方面,常用的模型包括ARIMA模型、神经网络模型等^[2]。ARIMA模型是一种经典的时间序列预测模型,它通过分析客流数据的自相关性和偏自相关性,选择适当的模型参数进行预测。神经网络模型则是一种模拟人类神经系统的机器学习模型,它能够学习历史客流

数据中的非线性关系,并据此进行预测。针对城市轨道交通的客流预测,还可以结合路网特性、车站布局、车辆配置等因素,构建更加精细化的预测模型。例如,可以考虑使用深度学习模型,如长短时记忆网络(LSTM)等,来捕捉客流数据中的长期依赖关系,提高预测的准确性。

2.3 运输需求与路网能力匹配分析

在基于路网的城市轨道交通运输需求分析中,运输需求与路网能力的匹配分析至关重要。路网承载能力评估是关键的一步,这需要综合考虑轨道线路的长度、车站数量和分布、轨道设施的技术标准以及信号系统的能力等因素。例如,轨道线路的设计速度和最小发车间隔直接影响了单位时间内能够通过的列车数量。运输需求则受到城市人口规模、人口分布、就业岗位分布、城市发展规划等多种因素的影响。以快速发展的新兴城市为例,新的商业区和住宅区的建设会导致短期内运输需求的快速增长。在分析两者的匹配关系时,要关注高峰时段和非高峰时段的差异,高峰时段客流量集中,对路网能力的考验较大。若路网能力无法满足高峰需求,会导致车厢过度拥挤、乘客等待时间延长等问题,影响服务质量。相反,若路网能力在非高峰时段过剩,则会造成资源浪费,增加运营成本。还需考虑突发事件或特殊情况对运输需求和路网能力的影响,大型活动期间或恶劣天气条件下,运输需求可能会突然增加,而此时路网的正常运营可能会受到干扰,如设备故障或交通管制。为了实现良好的匹配,需要不断优化线路规划、调整列车运行计划,并采用智能化的运营管理手段,根据实时需求动态调整路网能力。通过科学的分析和有效的措施,确保运输需求与路网能力的平衡,提高城市轨道交通的运营效率和服务水平。

3 基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略

3.1 行车计划的优化

在探讨基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略时,行车计划的优化无疑扮演着至关重要的角色。一个精心设计的行车计划不仅能够提高列车的运行效率,减少等待和换乘时间,还能有效应对客流高峰期的挑战,确保乘客的顺畅出行,行车计划的优化还能降低运营成本,提高城市轨道交通系统的整体经济效益。因此,持续优化行车计划是提升城市轨道交通运输效率和服务质量的关键所在。(1)高峰期调整:针对早晚高峰时段客流量激增的问题,行车计划应通过增加列车班次、缩短发车间隔来满足大量乘客需求。同时,可考虑在高峰期使用更长编组的列车以提高单次运输能力。(2)平峰期

优化：非高峰时段应适当减少列车频次，避免运能过剩造成资源浪费。通过实时监控客流变化，动态调整行车计划，确保与实际需求相匹配。（3）线路协调：对于多条线路交叉或接驳的情况，行车计划需优化线路间的衔接，减少乘客等待和换乘时间。例如，同步到达的列车可以方便乘客快速换乘。（4）应急响应：行车计划还应包含应急预案，以应对突发事件导致的线路中断或严重延误。此时，应及时调整受影响线路及其他相关线路的行车计划，确保乘客能够通过其他路线绕行。（5）技术应用：利用先进的调度系统和人工智能技术，可以实时收集和分析客流数据，预测并调整行车计划。这样的智能化管理有助于提高行车计划的灵活性和准确性。

3.2 列车运行图的调整

在城市轨道交通系统中，列车运行图是确保列车有序运行、满足运输需求的重要工具，随着客流量的变化、设备故障或特殊事件等情况的出现，原始的列车运行图可能需要进行调整。列车运行图的调整应当基于实时客流数据，通过分析各站点、各时段的客流情况，可以预测未来的客流变化趋势，从而调整列车运行图以适应客流需求。在早晚高峰时段增加列车班次，缩短发车间隔，以满足乘客的出行需求。当发生设备故障或特殊事件时，需要及时调整列车运行图，确保列车安全、有序地运行。例如，当某条线路发生故障时，可以通过调整其他线路的列车运行图，增加跨线列车或调整换乘站点，以缓解故障线路的压力。列车运行图的调整还需要考虑列车的运行效率和运营成本，在调整列车运行图时，应尽量减少列车在途中的停车时间，提高列车的运行效率^[3]。还需要考虑运营成本，避免过度增加列车班次而导致成本上升。列车运行图的调整应当遵循一定的规则和程序，在调整列车运行图之前，需要进行充分的调研和分析，确保调整方案的科学性和合理性。同时，还需要与相关部门进行沟通和协调，确保调整方案的顺利实施。

3.3 换乘站的运输组织优化

在城市轨道交通系统中，换乘站作为连接不同线路、实现乘客高效转运的关键节点，其运输组织优化对

于提升整个系统的运行效率和服务质量至关重要。优化换乘站的导向标识系统是提高乘客换乘效率的关键，通过清晰、明确的导向标识，帮助乘客快速识别换乘线路、方向和站点，减少乘客在换乘过程中的迷路和徘徊时间。利用现代科技手段，如电子显示屏、移动应用等，实时更新换乘信息，让乘客随时掌握最新的换乘动态。通过合理安排站内设施布局、设置合理的候车区域和通道，避免乘客在站内拥堵和滞留。加强客流监控和预测，根据客流情况及时调整列车运行计划和发车间隔，确保乘客能够快速、顺利地完成任务。通过与公交、出租车等其他交通方式的有效衔接，为乘客提供更加便捷、多样化的出行选择。例如，在换乘站周边设置公交站点、出租车停靠点等，方便乘客快速换乘其他交通方式。提高员工服务水平、加强站内清洁和安全管理等措施，为乘客提供更加舒适、安全的换乘环境。同时，加强乘客反馈信息的收集和分析，及时改进服务中存在的问题和不足。

结语

展望未来，城市轨道交通的发展将伴随着城市规模的不断扩大和人口流动的日益频繁。为了确保城市轨道交通能够持续满足城市居民的出行需求，我们必须保持对路网变化和客流动态的敏锐洞察。通过不断收集和分析数据，我们能够更准确地把握乘客的出行规律，从而优化行车策略，提高运输效率。同时，我们还需要应对各种可能出现的挑战，如突发事件、设备故障等，确保城市轨道交通的安全运行。只有这样，我们才能确保城市轨道交通的可持续发展，为城市居民提供更加便捷、高效的出行服务。

参考文献

- [1]张海楠.基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略研究[J].江西建材,2021(13):173+176.
- [2]湛青.基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略研究[J].技术与市场,2020,22(07):84+86.
- [3]董振洋.基于路网的城市轨道交通运输组织行车策略研究[J].名城绘,2019(4):2-2.