

基于大数据的城市轨道交通行车组织优化研究

陈俊年

宁波市轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 宁波 315000

摘要: 本文围绕大数据在城市轨道交通行车组织中的应用展开研究。介绍了大数据的概念与城市轨道交通行车组织的内涵, 阐述大数据在城市轨道交通行车组织中的应用价值与现状, 包括客流分析、设备状态监测和运营安全监控等方面。分析基于大数据的城市轨道交通行车组织存在的主要问题, 如运营效率不稳定、乘客等待时间过长、换乘不便与客流拥堵等。最后提出了基于大数据的城市轨道交通行车组织优化策略, 涵盖客流数据分析与预测、列车运行图与时刻表的优化以及换乘衔接与客流组织的优化, 旨在提升城市轨道交通行车组织的效率与服务质量。

关键词: 大数据; 城市轨道交通; 行车组织; 优化策略

1 大数据与城市轨道交通行车组织概述

1.1 大数据的概念

大数据 (BigData) 是指无法在一定时间范围内用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合, 是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产。大数据具有四个显著特征, 即大量 (Volume)、高速 (Velocity)、多样 (Variety) 和价值 (Value), 简称“4V”。大量指的是数据规模巨大, 从TB级别跃升到PB级别; 高速强调数据产生和处理的速度极快, 要求实时分析; 多样表示数据类型繁多, 包括结构化、半结构化和非结构化数据; 价值则意味着虽然数据价值密度相对较低, 但通过挖掘和分析能够获取巨大的商业价值和社会价值^[1]。在城市轨道交通领域, 每天都会产生海量的数据, 如乘客的进出站信息、列车运行状态数据、设备监测数据等, 这些数据蕴含着丰富的信息, 为行车组织的优化提供了有力支持。

1.2 城市轨道交通行车组织的内涵

城市轨道交通行车组织是指在城市轨道交通系统中, 为确保列车安全、高效、有序地运行, 对列车运行计划、调度指挥、行车设备运用等方面进行的一系列组织管理工作。它涉及到列车的开行方案制定、列车运行图的编制、行车调度指挥、车站行车作业组织等多个环节。行车组织的目标是在满足乘客出行需求的前提下, 实现列车运行的高效性、准时性和安全性, 提高城市轨道交通系统的整体运营效率和服务质量。例如, 通过合理安排列车的开行对数和间隔时间, 能够满足不同时段、不同区域的客流需求; 通过精确的调度指挥, 确保列车按照运行图运行, 减少延误和事故的发生。

2 大数据在城市轨道交通行车组织中的应用价值

2.1 提升运营决策的科学性

大数据为城市轨道交通行车组织的运营决策提供了丰富的数据支持。通过对历史客流数据、列车运行数据、设备状态数据等的分析, 可以深入了解城市轨道交通系统的运行规律和特点, 发现潜在的问题和风险。例如, 通过分析不同时段、不同线路的客流分布情况, 可以合理调整列车的开行方案和运行图, 提高运输效率; 通过对设备状态数据的实时监测和分析, 可以提前预测设备的故障, 及时进行维护和维修, 减少设备故障对行车组织的影响。这些基于大数据的决策更加科学、准确, 能够有效提高城市轨道交通系统的运营管理水平。

2.2 优化资源配置

大数据可以帮助城市轨道交通运营企业优化资源配置。通过对客流数据的分析, 可以合理配置列车、车站工作人员等资源, 避免资源的浪费和闲置。例如, 在客流高峰时段增加列车的开行对数, 在客流低谷时段适当减少列车的开行, 提高列车的利用率; 根据车站的客流量合理分配工作人员, 确保车站的运营秩序和乘客的安全。通过对设备状态数据的分析, 可以合理安排设备的维护和更新计划, 提高设备的使用寿命和可靠性, 降低运营成本。

2.3 提高服务质量

大数据的应用有助于提高城市轨道交通的服务质量。通过对乘客出行数据的分析, 可以了解乘客的出行需求和偏好, 为乘客提供更加个性化的服务。例如, 根据乘客的出行历史记录, 为其推荐最优的出行路线和换乘方案; 通过实时发布列车运行信息和车站客流信息, 方便乘客合理安排出行时间, 减少等待时间。此外, 大数据还可以用于监测乘客的满意度, 及时发现服务中存在的问

题, 并采取措施加以改进, 提高乘客的出行体验^[2]。

3 大数据在城市轨道交通中的应用现状

3.1 客流分析

客流分析作为大数据在城市轨道交通领域的关键应用, 具有不可忽视的重要意义。在城市轨道交通的车站和列车上, 广泛部署了自动售检票系统(AFC)与视频监控系统等先进设备。这些设备如同敏锐的“触角”, 能够实时且精准地收集乘客的进出站信息、乘车路径等海量数据。借助大数据分析技术这一强大的“智慧大脑”, 对这些纷繁复杂的客流数据进行深度挖掘与细致分析, 运营管理者能够清晰地洞察不同时段、不同线路以及不同车站的客流分布状况与变化趋势。基于此, 运营企业可制定差异化的运营方案, 如节假日增加旅游线路列车开行对数, 工作日优化商务区线路的列车时刻表。同时针对早晚高峰时段客流集中区域, 可采取增派工作人员引导、设置临时导向标识等客流疏导措施, 有效缓解客流压力, 提升乘客出行体验。目前, 众多城市的轨道交通运营企业已纷纷建立客流分析系统, 为行车组织的动态调整与持续优化提供了坚实有力的数据支撑。

3.2 设备状态监测

城市轨道交通系统犹如一个庞大而复杂的“机械巨兽”, 涵盖了列车、轨道、供电系统、信号系统等大量关键设备。这些设备的运行状态犹如“巨兽”的脉搏与心跳, 直接关系到列车运行的安全与效率。为了实现对设备状态的实时精准把控, 运营方在各类设备上安装了高精度的传感器。这些传感器如同忠诚的“卫士”, 时刻采集设备的运行参数, 如温度、压力、振动等细微变化。借助大数据分析技术, 对这些海量的设备运行数据进行高效处理与深入分析, 运营管理者能够实时监测设备的运行状态, 及时发现设备潜在的异常情况。以列车关键部件的振动数据为例, 通过大数据分析, 可建立部件振动特征模型, 当实际振动数据偏离正常范围时, 系统即可发出预警, 提示部件可能存在故障隐患。运营人员可据此提前安排维修和更换工作, 避免设备故障在运行过程中突然爆发, 对列车正常运行造成严重影响。目前, 一些先进的城市轨道交通系统已成功实现设备状态的实时监测和预警, 显著提高设备的可靠性和安全性, 为城市轨道交通的安全稳定运行筑牢了坚实防线。

3.3 运营安全监控

大数据在城市轨道交通运营安全监控领域发挥着举足轻重的作用, 宛如一双无形的“慧眼”, 时刻守护着运营安全。城市轨道交通运营涉及列车运行数据、设备状态数据、视频监控数据等多源数据, 这些数据犹如

拼图的碎片, 蕴含着丰富的安全信息。通过大数据分析技术对这些多源数据进行深度整合与综合分析, 能够实现对运营安全的全方位、无死角监控。在列车运行方面, 大数据分析可实时监测列车的运行速度、位置等关键信息。一旦发现列车出现超速、偏离运行线路等异常情况, 系统能够立即发出警报, 调度人员可迅速采取措施, 如调整列车速度、指挥列车恢复正确线路等, 确保列车运行安全。在车站和列车内, 通过对视频监控数据的分析, 可实时监测人员行为, 及时发现可疑人员和异常事件, 如盗窃、打架斗殴等, 并迅速通知安保人员进行处理。大数据还可对历史安全事故数据进行深度剖析, 总结事故发生的原因和规律, 为制定科学有效的安全防范措施提供有力依据, 从而不断提升城市轨道交通运营的安全水平。

4 基于大数据的城市轨道交通行车组织存在的主要问题

4.1 运营效率不稳定

尽管大数据为城市轨道交通行车组织提供了丰富的数据支持, 但在实际应用中, 运营效率不稳定的问题仍然存在。一方面, 由于客流的不确定性, 如突发的大型活动、恶劣天气等因素, 会导致客流量大幅波动, 给行车组织的调整带来困难。例如, 在举办大型演唱会或体育赛事时, 相关车站的客流量会急剧增加, 如果行车组织不能及时做出调整, 就会出现列车拥挤、乘客等待时间过长等问题。另一方面, 设备故障、施工等因素也会影响列车的正常运行, 导致运营效率下降。虽然通过大数据可以对设备状态进行监测和预警, 但在实际处理过程中, 可能会受到维修资源、维修时间等因素的限制, 无法及时恢复设备的正常运行。

4.2 乘客等待时间过长

乘客等待时间过长是城市轨道交通行车组织中较为突出的问题之一。这主要是由于列车运行间隔不合理、列车晚点等原因造成的。在客流高峰时段, 如果列车运行间隔过大, 会导致乘客在车站大量积压, 等待时间过长。而列车晚点则会进一步加剧乘客的等待时间, 影响乘客的出行体验^[3]。虽然通过大数据可以对客流进行预测和分析, 但在列车运行图的编制和调整过程中, 可能没有充分考虑到客流的变化和突发情况, 导致列车运行间隔与客流需求不匹配。列车晚点的原因较为复杂, 包括设备故障、信号干扰、调度指挥失误等, 这些问题都需要通过进一步优化行车组织来解决。

4.3 换乘不便与客流拥堵

在城市轨道交通网络中, 换乘是乘客出行的重要环

节。然而，目前一些城市的轨道交通换乘存在不便和客流拥堵的问题。一方面，换乘通道设计不合理、换乘距离过长等因素会导致乘客换乘不便，增加乘客的出行时间和体力消耗。另一方面，在换乘站，由于不同线路的客流交汇，如果换乘组织和引导不到位，容易出现客流拥堵的情况。虽然通过大数据可以对换乘站的客流进行监测和分析，但在换乘设施的规划和建设以及换乘组织的管理方面，还需要进一步加强。

5 基于大数据的城市轨道交通行车组织优化策略

5.1 客流数据分析与预测

为了优化城市轨道交通行车组织，需要加强对客流数据的分析与预测。首先，要建立完善的客流数据采集系统，确保数据的准确性和完整性。除了利用现有的自动售检票系统、视频监控系统等设备采集客流数据外，还可以通过移动支付、手机信令等渠道获取更加丰富的客流信息。其次，运用大数据分析技术，如机器学习、数据挖掘等，对历史客流数据进行深入分析，挖掘客流的时空分布规律和变化趋势。例如，通过分析不同季节、不同节假日的客流特点，建立客流预测模型，对未来的客流量进行准确预测。最后，根据客流预测结果，及时调整列车的开行方案和运行图，合理配置运输资源，满足乘客的出行需求。

5.2 列车运行图与时刻表的优化

列车运行图与时刻表是城市轨道交通行车组织的核心内容，其优化对于提高运营效率和服务质量至关重要。基于大数据的列车运行图与时刻表优化可以从以下几个方面入手。一是根据客流预测结果和列车运行能力，合理安排列车的开行对数和间隔时间。在客流较大的线路和时段，适当增加列车的开行对数，缩短列车运行间隔；在客流较小的线路和时段，适当减少列车的开行，提高列车的利用率。二是优化列车的停站方案。根据不同车站的客流量和换乘需求，合理确定列车的停站站点和停站时间。对于客流量较小的车站，可以适当减少列车的停站次数，提高列车的运行速度；对于换乘站，要确保列车有足够的停站时间，方便乘客换乘。三是考虑列车运行的灵活性和应急处理能力。在列车运行图中预留一定的弹性时间，以应对突发情况和客流波动。例如，当出现列车晚点或客流突然增加时，能够及时调整列车的运行顺序和停站时间，减少对后续列车的

影响。

5.3 换乘衔接与客流组织的优化

换乘衔接与客流组织的优化是提高城市轨道交通服务质量的关键环节。首先，要优化换乘设施的规划和建设。在设计换乘站时，要充分考虑不同线路的换乘需求，合理布局换乘通道、站台等设施，缩短换乘距离，提高换乘效率。例如，可以采用同站台换乘、节点换乘等方式，减少乘客的步行距离和换乘时间。其次，加强换乘站的客流组织和引导。通过设置明显的指示标识、广播提示等方式，引导乘客有序换乘。在客流高峰时段，增加工作人员在换乘站进行疏导，避免客流拥堵^[4]。另外，还可以利用大数据分析技术，实时监测换乘站的客流情况，根据客流变化及时调整换乘组织和引导措施。例如，当某个换乘通道出现客流拥堵时，及时引导乘客选择其他通道换乘。最后，加强不同轨道交通线路之间的协同运营。通过建立信息共享平台，实现不同线路之间的列车运行信息、客流信息等的实时共享，提高换乘的衔接效率。例如，当一条线路的列车出现晚点时，及时通知相关换乘线路，调整后续列车的运行计划，减少乘客的换乘等待时间。

结束语

本文系统探讨了大数据在城市轨道交通行车组织优化中的关键作用。通过剖析大数据在客流分析、设备监测及安全监控中的应用现状，揭示了运营效率波动、乘客等待过长及换乘拥堵等核心问题。基于数据驱动视角，提出客流预测、运行图优化及换乘衔接改进等策略，为提升轨道交通运营效能与服务品质提供了理论支撑与实践路径。未来仍需深化多源数据融合与智能算法应用，推动城市轨道交通向精准化、高效化方向发展。

参考文献

- [1]胡思洋.城市轨道交通行车组织与调度策略探讨[J].科技资讯,2022,20(14):118-120.
- [2]王岩.城市轨道交通车场行车组织与调度策略[J].运输经理世界,2021(8):1-2.
- [3]靳添舟.地铁运营阻塞情况下小交路开行时机研究[J].科学技术创新,2020(01):138-139.
- [4]王智永,赖一鸣,江志彬.应急场景条件下的城市轨道交通行车调度演练系统设计[J].现代城市轨道交通,2020,(03):80-84.