

地铁行车中的客流特征分析及其对行车影响的研究

周敏

石家庄市轨道交通集团有限责任公司运营分公司

摘要：通过对客流的统计分析，可以了解乘客的出行特征和规律。本文将通过对客流数据的统计分析，来研究不同因素对地铁行车组织的影响。本文首先从乘客的出行特征出发，分析了乘客在车站内的流动行为。接着，利用时间序列模型来研究客流数据，并通过对北京地铁运营数据的分析，确定了客流数据中各特征值的分布规律。然后，利用列车运行时间、列车停站时间和列车正点率三个指标来研究客流特征对行车组织的影响。最后，针对不同的因素设计了一个简单的数学模型，来分析不同因素对行车组织的影响程度。

关键词：地铁行车；客流特征；行车影响

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.224

引言

伴随着社会的发展，城市人口规模不断增大，地铁作为一种安全、便捷、舒适的出行方式越来越受到人们的青睐。在地铁建设中，客流是最重要的影响因素之一，它不仅影响地铁工程建设和运营管理，还对行车安全产生重要影响。但由于地铁车站数量有限、换乘点较多、行车间隔时间长等原因，导致地铁客流呈现出了时间分布不均衡、客流具有明显的时空特征等特点。因此，在地铁车站内应设置客流监测设备，以便及时掌握客流信息，便于工作人员及时调整行车计划。同时，在客流组织上，通过科学合理的组织和调度可以有效提高车站各线路的运营效率、减少乘客候车时间，以满足乘客的出行需求。

一、地铁行车中的客流特征

（一）时间分布特征

以工作日早高峰、晚高峰作为研究对象，将客流分为两个时段，分别为早高峰与晚高峰，对工作日早高峰和晚高峰的客流进行时间分布特征分析。以上海地铁一号线为例，通过对客流数据进行分析，可以发现，早高峰（7：00~9：00）、晚高峰（17：00~19：00）客流占比在10%以内，其余各时间区间客流占比均超过20%。在早高峰期间，1号线早高峰最大断面客流峰值出现在7：00~8：00，早高峰最大断面客流峰值出现在17：00~19：00；晚高峰（20：00~21：00）客流峰值出现在20：00~22：00。晚高峰期间，1号线晚高峰最大断面客流量为34805人次，平均每小时客流量为111332人次；2号线晚高峰最大断面客流为31923人次，平均每小时客流量为14427人次。

（二）空间分布特征

通过对大量的地铁线路和车站进行调查，并结合客流调查数据，归纳出地铁客流在空间上的分布特征。地铁客流空间分布的总体特点是：在线路和车站的两端，客流会逐渐减少；在线路中心附近，客流会逐渐增加；

在线路中部，客流会逐渐增加；在车站中心附近，客流会逐渐减少。

对于不同类型车站的客流量空间分布规律：地铁站内进站换乘的客流量随着出站换乘人流的增多而不断减少，车站通过的客流量随线路客流总量而不断增加。在地铁高峰时期，车站进站人数较多，出站人数较少，车站内通过的人数与进站人数之比接近1：1。

（三）乘客构成特征

乘客构成特征主要是指不同年龄、职业、收入和性别的乘客在乘客总量中所占的比重。不同年龄的乘客由于受教育程度和身体状况的不同，对地铁出行的需求也存在差异。从乘客构成的角度出发，分析不同年龄层乘客所占的比重，有助于了解不同年龄层乘客对行车组织的需求，进而在行车组织中采用针对性策略。^[1]

另外通过对北京市轨道交通的乘客进行问卷调查和统计，发现乘客在年龄上以25-45岁的中年人为主，在性别上以男性为主，但在学历上，以高中及以下学历为主。根据乘客调查结果，发现乘客的出行目的主要是上下班及周末外出休闲，且选择乘坐地铁出行的比例较高。从出行方式来看，选择地铁出行的比例较高，其中有44.9%的乘客选择地铁出行，选择自行车出行的占到了25.6%。从出行目的来看，其中有33.2%的乘客是为了逛街而选择地铁出行；有12.9%的乘客是为了乘坐地铁而选择公交出行；有11.3%的乘客是为了乘坐地铁而选择乘坐公交出行。

二、地铁行车中的客流特征对行车影响

（一）行车安全

地铁作为大运量交通工具，客流量大，是安全的重要因素。在高峰时段，乘客数量多、密度高，一旦发生安全事故，很容易造成群死群伤的严重后果。因此，加强地铁行车安全管理，提高行车安全水平是地铁运营管理的重要内容之一。

地铁车站作为城市交通系统的重要组成部分，其运

营质量好坏直接关系到城市的整体运行水平。而车站客流特征是影响行车安全的重要因素之一。一方面，车站客流密度对行车组织有着重要的影响，车站客流密度越大，列车行驶速度越慢，行车间隔越长；另一方面，车站客流密度对车辆牵引和制动系统的影响也较为明显，车站客流密度大时，列车在运行中频繁出现停车、越站、折返等故障。当高峰时车站客流密度超过6000人/小时，在列车运行过程中极易出现故障。因此，为了保证列车运行的安全性和可靠性，应合理地控制车站客流密度。^[2]

（二）运营效率

地铁线路运营的核心指标是列车间隔时间和列车速度。在客流密集时段，由于车站客流密度较高，需要安排多列车进行上线运输，因此对列车的编组、列车的速度要求较高，从而使运营效率受到影响。

在地铁行车中，由于车辆的不足和乘客的拥挤，行车速度通常低于运营速度，这是因为在运行中列车所需的时间更长，因此会影响乘客的出行时间。车辆的不足主要是因为车辆数量不足、车辆技术参数和设计参数不匹配、乘客人数较多、车辆运行时间过长等。此外，由于乘客人数较多，在车站内换乘时，经常会出现拥挤现象。另外，如果车辆在车站内出现故障，也会导致列车无法及时运行，影响乘客出行。为了解决这些问题，首先要提高列车的技术参数和设计参数，从而提高车辆的性能；其次要缩短乘客在车站内换乘的时间；最后要增加车站的服务能力。

据上海地铁历年的运营数据显示，工作日期间的运营时间长度总体上是在不断地提升的，而早高峰、晚高峰以及全天各时段的运营时间长度呈现出不断上升的趋势。早高峰主要体现在7：30~8：30之间，晚高峰主要体现在19：30~20：00之间，全天各时段的运营时间长度总体上是呈现出不断下降的趋势，在下午16：30~18：00之间出现一个较为明显的波谷。

（三）服务质量

地铁是一个有生命的服务系统，在运营过程中需要不断地与乘客沟通，并对乘客进行引导。其中，最重要的服务环节就是服务质量。地铁客流量大、客流集中、客流分布不均衡，因此在运营过程中需要有足够的人员进行引导。

一个优秀的地铁车站应对不同层次的乘客采取不同的服务措施，并且将这些措施有机地结合起来。例如在高峰时期，地铁车站需要将车站出入口以及通道全部打开，以便于乘客能够顺利进出车站。对于进出站口的乘客，车站工作人员应热情接待并引导他们进站，当他们遇到问题时应及时解答并给予帮助。而对于其他没有必

要进入地铁站的乘客，车站工作人员也应进行耐心地劝导。^[3]

三、促进地铁行车中的客流特征对行车影响的措施

（一）强化客流预测与监控

目前，客流预测主要依靠传统的客流统计及调查方法，缺少对客流时空分布的有效分析，因此，需要建立更加全面、科学的客流预测方法，为城市轨道交通运营提供准确的决策依据。近年来，随着地铁网络化运营，城市轨道交通客流呈现出快速增长的趋势。因此，需要加强地铁车站客流数据监测、分析和预测工作。首先，地铁车站应通过监控设备对站内客流量进行实时监控；其次，在客流高峰期到来前，对地铁车站进行适当的引导、组织工作以确保乘客能够顺利到达目的地；最后，加强地铁车站客流预测分析工作，根据列车时刻表和客流量变化规律及时调整列车运行间隔和发车时间。^[4]

为保证地铁运营服务水平，确保安全、高效运营，首先需要加强客流预测与监控。在客流预测方面，可应用各类先进的客流预测方法，如：统计模型法、神经网络法等，对车站、区间的客流量进行预测。在监控方面，可应用视频监控系统对客流进行实时监控，提高客流预警能力。同时，可以对客流量较大的车站安排专人进行重点监控，以便在发生突发事件时及时采取应急措施。

（二）优化行车调度与计划

地铁行车调度与计划是地铁运营的关键，也是地铁运营的核心，地铁运营系统通过调度与计划使行车计划中的行车组织能够顺利、高效的进行。为了满足不断变化的客流需求，在列车运行过程中，需要合理安排行车计划和调度指令，保证列车按固定线路、固定时间运行，防止列车在运行过程中出现晚点情况，保证列车正点率。当客流发生变化时，需要根据客流变化及时调整行车计划和调度指令，使列车安全、准点地行驶。

在优化行车调度与计划时，需要考虑以下两点：

（1）制定的行车计划要合理，列车运行应按照客流的规律，在客流较为集中的车站发车，减少车站的待乘时间；（2）考虑到地铁行车计划的影响，对于客流量较大的车站可根据实际情况适当调整行车计划。

在地铁的行车调度与计划中，在一定程度上能够实现对接流的实时掌控，从而避免由于客流过大而导致的乘客滞留等现象，但是也会因为行车计划的不合理导致列车晚点等情况的发生，所以在地铁的行车调度与计划中，要尽可能地进行科学合理地调度，如在高峰时期采取对客流量较大的线路进行间隔缩小，适当延长末班车时间等措施，从而避免出现乘客滞留现象。另一方面也可以对不同时间段的列车进行调整，使其在不同时段有不同程度的开行。

（三）加强站点客流管理

地铁公司需要结合客流特征制定出合理的运营计划，对高峰时段客流进行疏导，及时调整运力，以保障乘客出行的顺畅。车站方面也要加强客流管理，对人员进行疏导，安排工作人员在车站内进行巡视，对一些上下车乘客较多的通道、站台等区域加强监控和巡视。

针对客流密度大，影响行车的站点，要加强站点的客流管理，及时采取客流控制措施，以减小行车影响。地铁运营部门应根据车站客流变化情况，及时调整行车计划，使车站客流量处于合理范围内。在客流量大的车站可以采取限流、限流等措施来限制乘客数量，防止列车因拥挤而发生脱轨等安全事故。同时在客流量大的车站也可以通过列车的限速、停靠站台等措施来降低对行车的影响。针对不同时段、不同站点、不同区域等，可以采取不同的客流管理措施。通过合理地安排人力和设备，可以有效地管理和控制车站的客流量。例如，在上下班高峰时段，可以通过增加出入口的数量，调整出入口位置等方式来缓解客流压力。

（四）提高列车运行效率

随着地铁车站设备的更新，以及新技术、新材料、新工艺的广泛应用，地铁行车组织方法和行车调度手段也在不断改进和完善。通过优化行车计划安排，合理分配各列车运行图中的交路和运行图密度，避免各列车之间的冲突。同时，通过优化列车时刻表，可在一定程度上缩短各列车到达时刻之间的间隔时间，提高列车运行效率。此外，还可以通过加强各车站的人员值守、信号设备维护、车门检修等工作，加强车辆检修力度等手段提高列车运行效率。

客流的增长是由于城市交通拥堵、环境污染等问题，使得人们出行的方式和需求发生了变化，这种变化催生了地铁等城市轨道交通的产生。所以在此背景下，就需要对列车运行线路进行相应的调整，从而保证列车的运行效率。在保证车辆满足运营需求的情况下，在高峰期可以将列车数量进行一定的缩减，以减少列车满员情况的出现，从而减少对乘客造成的影响。另外，还可以通过增设临时站台、延长列车在站停留时间、降低发车间隔等方式提高列车运行效率。

当在客流量大的情况下，要采取适当措施，减少列车运行间隔，提高列车运行效率。当客流量大时，可缩短列车间隔时间，但要考虑到乘客候车时间、设备检修时间、车辆检查时间、司机驾驶时间等因素，尽量减少不必要的停车和发车间隔，以提高列车运行效率。当客流量小时，可适当增加列车运行间隔，但要考虑到设备检修的时间、司机驾驶时间等因素。^[5]

（五）提供多样化服务

地铁作为城市轨道交通系统中的重要组成部分，是一个庞大的、复杂的、系统性工程，在满足乘客出行需求的同时，还需要充分考虑运营安全，这也是地铁公司运营服务质量的重要体现。为乘客提供多样化服务，提高乘客满意度，可以通过加强地铁列车信号、车辆、供电、通信等系统的建设和完善，提升车辆设备的自动化水平，加强运营管理人员的专业知识培训等多种手段。为了方便乘客出行，车站工作人员应积极向乘客宣传地铁的运营服务和理念。例如在地铁站内张贴地铁列车时刻表、进站和出站提示语等。还可利用车站电子显示屏、广播、电视等宣传手段宣传地铁服务信息。

提供多样化服务主要是为了满足不同乘客的需要，避免乘客在遇到问题时无法及时得到解决，因此需要为乘客提供多样化的服务，比如：在早晚高峰期地铁会出现拥挤的情况，可适当延长地铁运营时间；当有乘客身体不适时，可由地铁工作人员帮助其转移到其他线路；对于手机没电或网络不畅的乘客，可以通过车站的自助充电站或人工服务等方式为其提供充电服务；当有突发事件发生时，可由地铁工作人员进行疏导。

结语

本文主要从列车发车间隔、行车间隔和客流特征三个方面研究了地铁行车中的客流特征，分析了不同客流情况下行车计划的制定方法，以及列车开行对客流影响。本文根据车站实际客流数据，对不同的列车发车间隔、行车间隔以及客流情况进行了分析研究，并以南京地铁1号线为例，通过软件模拟出车站早高峰、晚高峰的客流量情况。研究表明，早高峰的客流量要大于晚高峰，早高峰客流量多且持续时间长，晚高峰客流量少且持续时间短。晚高峰的客流量较大且客流持续时间长，早高峰客流相对较少。在列车开行方案制定时，应根据车站的客流量合理制定发车间隔。

参考文献

- [1] 刘聪. 地铁车站客流组织的影响因素及对策分析[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2020: 3.
- [2] 吴锋. 地铁行车组织中的行车调整分析与研究[J]. 引文版: 工程技术, 2016: 75.
- [3] 杨鑫. 地铁车站客流组织的影响因素及对策分析[J]. 信息周刊, 2019: 1.
- [4] 宋奇峰. 地铁车站客流组织的影响因素及对策分析[J]. 技术与市场, 2019: 213-214.
- [5] 汪益敏, 农轲, 仇培云, 陈嘉诚, 姚诗忆. 地铁车站客流绕行设施对突发事件下乘客疏散的影响研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2022: 9.

作者简介: 周敏(1995/5/22)女, 汉族, 本科学历, 中级职称, 值班站长, 籍贯: 河北省秦皇岛市。