

基于轨道的公交线路调整方案评估技术研究

刘雪杰 孙明正 李先 马海红

摘要: 针对轨道新线开通后, 地面公交线路的撤销、迁出、新开、延长等不同的优化调整形式, 论文通过分析公交线路调整所影响的关键因素, 提出了一套基于公交 IC 卡数据的多目标公交线路开调延评估技术方法和指标体系, 并利用城市公共交通仿真模型、公交 IC 卡数据挖掘处理技术, 为公交线路开调延方案评价提供了新的量化分析手段。利用研究成果, 对北京市 4 号线开通后, 沿线公交线路的调整方案进行了评估, 效果显著, 为政府审批公交线路的开调方案提供了技术支持。

关键词: 线路调整; 数据挖掘; 方案评估

0 前言

北京市轨道交通进入大规模建设和开通运营时期, 如何与沿线公交线网进行优化组合, 形成优势互补, 显得日益重要。

城市轨道交通投资昂贵, 技术要求高, 建设周期长, 要形成系统的运营网络需要一个长期的发展过程。城市轨道交通特殊的结构形式、空间形态和资源占用情况, 决定了其在线网密度和覆盖程度方面难以与常规公交相比。在这种情况下, 城市轨道交通客流的吸引与疏散需要常规公交及其他交通方式的有力支持, 城市轨道交通效能的充分发挥依赖于其他交通方式尤其是常规公交的配合与衔接。此外, 城市轨道交通与常规公交作为城市公交系统中不同层次的两种方式, 各自所承担的责任, 所适合运用的出行距离都有所不同, 配合城市轨道交通对常规公交的线路进行调整, 可以使两者避免不良竞争而做到扬长避短, 优势互补^[1]。

因此, 围绕城市轨道交通调整常规公交线路的布局已经成为当前城市发展的客观需要。

1 国内外研究现状

国外对于公交线网优化调整的方法做了很多相关研究。如基于居民公交 OD 的线路调整方法、公交线网设计专家系统等。少数国外发达国家, 如韩国、日本、加拿大、英国, 对公交 IC 卡数据在公共交通应用方面进行了研究。但由于 IC 卡系统方面的差异导致 IC 卡数据本身存在很大区别, 很难在我国城市中直接得到应用。

近几年，针对公交线网优化国内学者提出了不少新方法。如以直达客流量最大为目标的公交网络逐条布设方法、公交网络优化设计的非线性 0-1 规划模型，基于多约束条件的公交线路优化调整方法等，这些方法基本都属于理论性研究，建立的数学优化模型难以求解，在实际工作中缺乏可操作性。在基础数据应用方面，公交 IC 卡系统在国内许多城市得到广泛应用，但主要应用于费用结算，尚未应用在公交线网优化调整中，目前公交线网调整多凭经验，缺乏技术方面的支撑和论证^[2]。

为提高公交线网调整的科学性和规范性，明确公交线路开调对乘客出行、沿线走廊交通影响及社会效益，为政府审批开调方案提供决策咨询意见和建议，本文提出了一套基于公交 IC 卡数据的多目标公交线路开调延评估技术方法和指标体系，并利用城市公共交通仿真模型、公交 IC 卡数据挖掘处理技术，为公交线路开调延方案评价提供了新的量化分析手段。

2 研究方法及技术路线

2.1 总体思路

根据公交线路调整方案的不同目标，分析调整方案评估的重点，并确定相关评估指标，从而建立基于多目标的公交线路开调延评估方法和指标体系。利用公交 IC 卡数据挖掘处理技术，通过对公交 IC 卡数据、站距表、GIS 数据进行综合分析处理，包括数据解析、车次识别、换乘识别等，获取乘客出行特征和公交运营指标，实现了公交线路开调延评估方法和指标体系的量化。

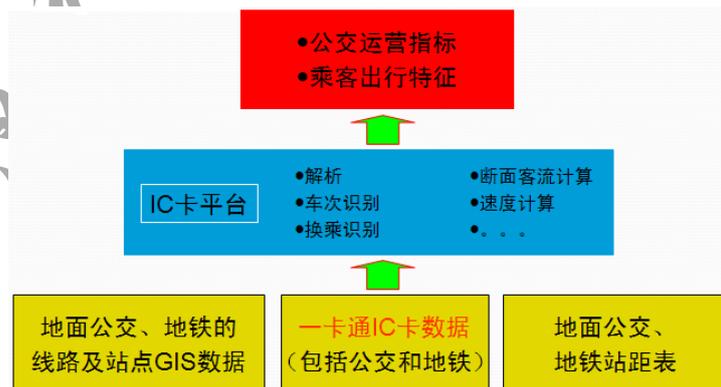


图 1 一卡通 IC 卡数据处理及分析系统的技术路线

2.2 技术方案

针对开调前方案论证和实施后效果评估，对于公交线路撤销、迁出、新开，设计不同的技术路线。

(1) 撤销线路方案论证。针对撤销线路，利用公交 IC 卡数据挖掘处理系统，重点分析撤销线路客运量，乘客出行 OD 分布，并对可替代线路的客运量、满载率及剩余运力进行分析，以替代线路是否能够满足撤销线路乘客出行需求为准则，判断线路撤销的可行性。

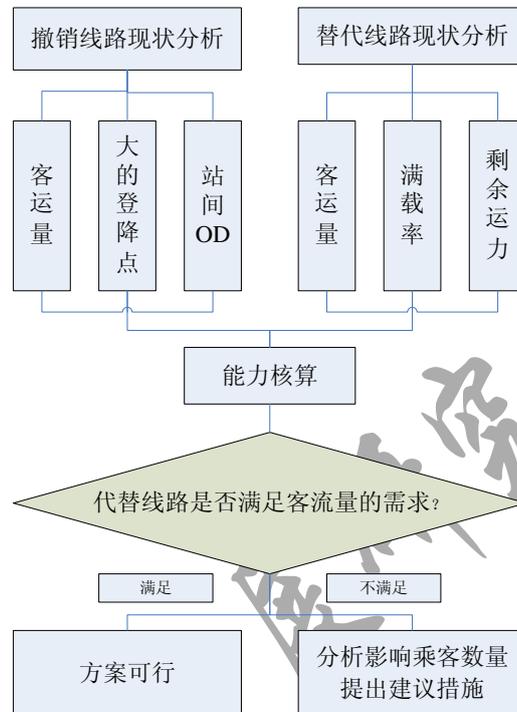


图 2 撤销线路方案论证技术路线

(2) 迁出线路方案论证。针对迁出线路，在分析迁出线路现状运行特征的基础上，重点分析迁出路段乘客出行特征，包括迁出路段客流量、迁出路段上车乘客目的地分布等，并对迁出路段上可替代线路的运行状况进行分析，以是否满足迁出路段乘客出行需求为准则，包括出行总量和出行 OD，判断迁出线路实施的可行性。

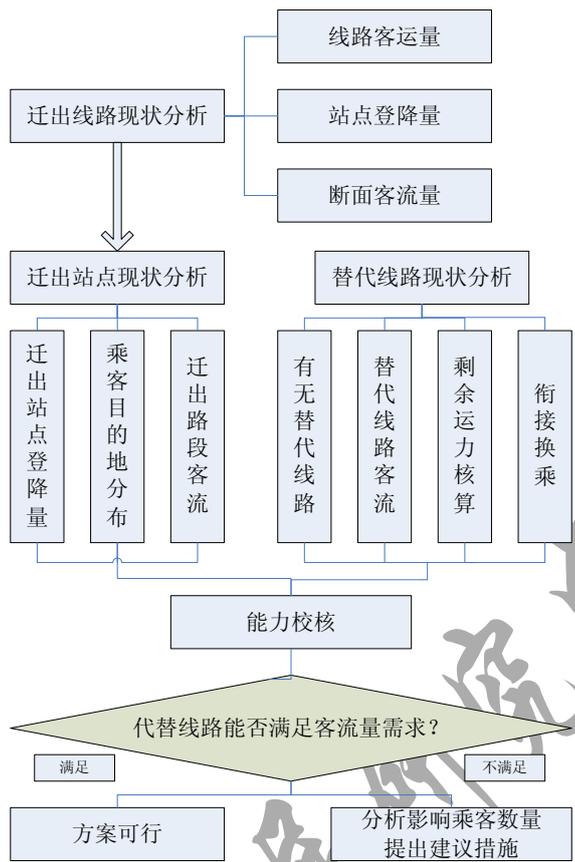


图 3 迁出线路方案论证技术路线图

(3) 新开线路方案论证。对于新开线路，利用城市交通仿真模型，对新开线路沿线交通需求进行预测，并利用公交 IC 卡数据挖掘处理系统，对沿线走廊内已有线路运行状况进行分析，以既有线路是否满足交通需求为准则，判断是否开通新开线路。

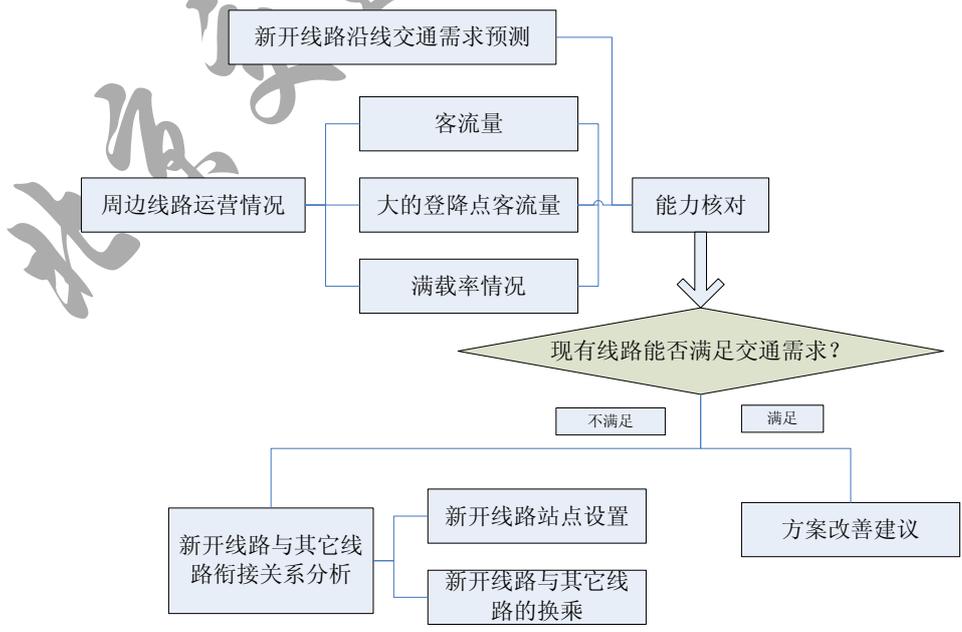


图 4 新开线路方案论证技术路线图

3 案例分析

3.1 配合 4 号线开通沿线公交线路调整方案

按照横向加强接驳、纵向调整削减的原则，配合地铁 4 号线的开通，优化地铁 4 号线沿线及周边地区的公交线网，削减沿线中心城区公交线路重复，拓展地铁末端公交衔接饲喂范围。主要包括优化削减沿线重复线路、地铁末端开调公交接驳支线等，共撤销线路 5 条、调整线路 4 条，开辟、调整公交线路 6-8 条，以接驳地铁 4 号线安河桥北、公益西桥末端地铁站，扩大地铁服务范围，方便丰台新发地、大红门、南苑、大兴黄村、海淀永丰、上庄、温泉、上地、西北旺、后沙涧、韩家川等地区乘客换乘地铁。

本文选取其中的两条，利用提出的公交线网调整方案评估方法，对调整方案进行了评估。

3.2 典型线路调整方案评估

3.2.1 826 路公交线路调整方案评估

调整方案

808 起点为前门，终点为颐和园，长度 21.2 公里。调整后撤出路段前三门大街、西单大街、西直门大街、白颐路共 21 公里，重复设站 50 个，替代线路为地铁 4 号线、2 号线、102 路。



图 5 调整前后线路图

方案评估

826 路上行全天客流量为 15719 人次，北师大—前门段客流量为 4665 人次，占总客流的 30%。826 路下行全天客流量为 16421 人次，北师大—前门段客流量为 3258 人次，占总客流的 20%。从站点登降量看，前门登降量不大，而北师大登降量较大。从断面客流量来看，北师大断面客流量较小，而前门断面客流量较大。说明如果从北师大一站断开，引发的换乘

并不多，而如果从前门断开，将引发较多换乘。

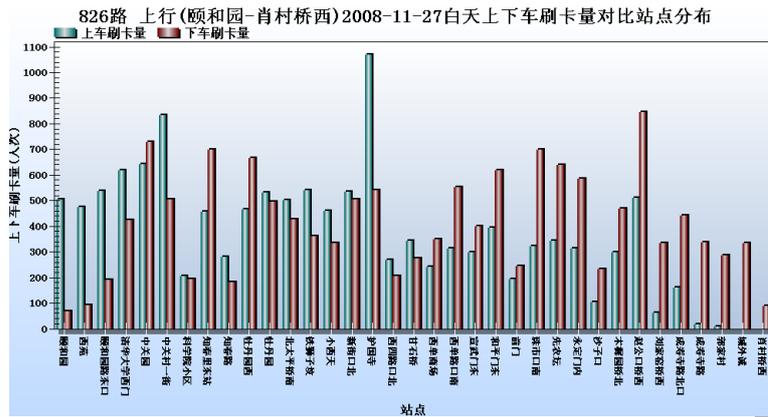


图 6 各站点客流量分布图

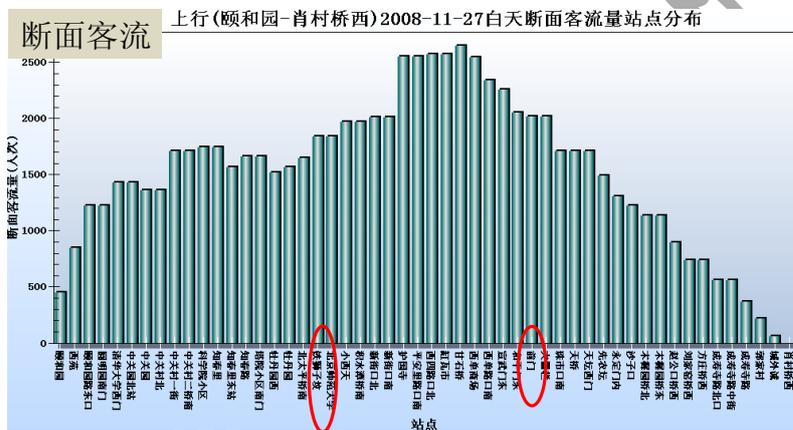


图 27 各站点断面客流量分布

以北京师范大学、前门两个站点为分界点，将路线分为三个区间，分析区间内及跨区间的乘客出行。上行方向，如表 1、表 2 所示，区间内出行总计占全部出行的 59%，41%的乘客需要跨区出行，其中颐和园—北师大区间内出行量最高，达到 30%。下行方向，区间内出行总计占全部出行的 51%，49%的乘客需要跨区出行。

表 1 OD 分析

826 路	颐和园——北师大	北师大——前门	前门——肖村桥西
上行	3455	1351	1935
	30%	12%	17%

表 2 OD 分析

(颐和园, 北师大) —— (北师大, 前门)	(北师大, 前门) —— (前门, 肖村桥西)	(颐和园, 北师大) —— (前门, 肖村桥西)
2182	1639	779
19%	14%	7%

从上面的分析，得出评估结论如下：(颐和园，北师大)之内的出行量较高，且通过北师大的客流较小，断点在北师大较为合理；前门登降量不高，但通过前门的客流量较大，说明乘客多数为经过前门站，断点选在前门会增加较多换乘，需再研究；出发点或目的地在北大-前门段乘客量较大，撤销此段会增加很多换乘。

3.2.2 717 路公交线网调整方案评估

调整方案

717 路起点为菜户营桥东，终点为东北旺中路，线长 28 公里。撤销后开辟 73 路，起点为菜户营桥东，终点为动物园枢纽站，线长 13 公里。撤出路段为白颐路、中关村北大街共 12 公里，重复设站 32 个。替代线路有地铁 4 号线、特 4 路。

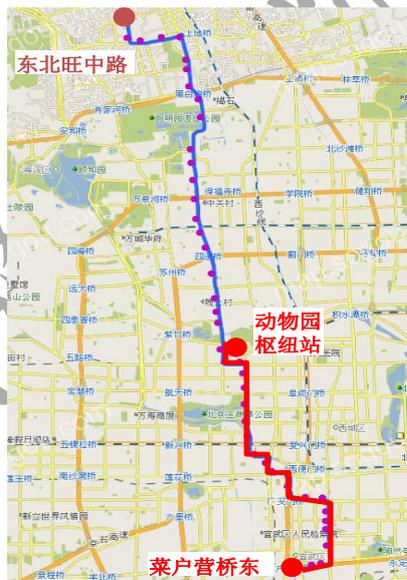


图 8 调整前后线路图

方案评估

717 路上行（东北旺中路—菜户营桥东）全天客流 14691 人次，其中中央民族大学—东北旺中路段客流为 10720 人次，占总客流的 73%。断开点国家图书馆站客流登降量较低。

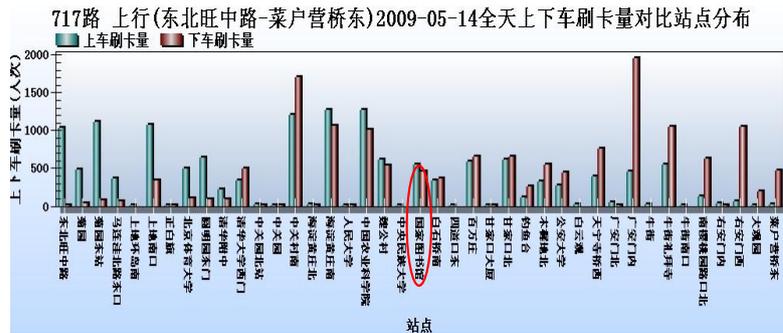


图 9 各站点客流分布

717 路下行（菜户营桥东—东北旺中路）全天客流 13988 人次，其中中央民族大学—东北旺中路段客流为 5497 人次，占总客流的 39%。断开点国家图书馆附近乘客登降量不大。从断面客流分布情况看，断开点处断面客流量较大，断开将引发较多换乘。

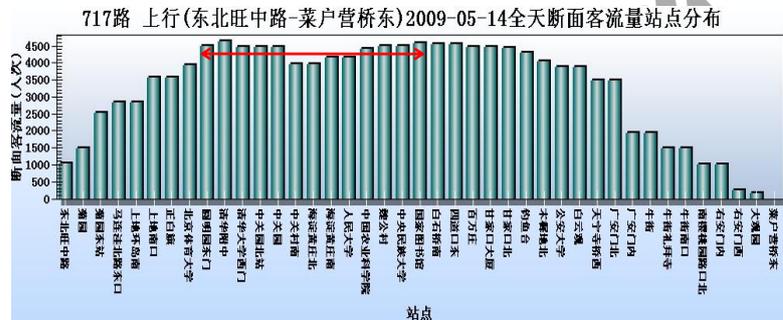


图 10 各站点断面客流分布

以国家图书馆为 midpoint，将路线分为菜户营桥东—国家图书馆、国家图书馆—东北旺中路两个区间，分析得出，区间内出行量占总出行量的 69%，而跨区出行占到总出行量的 31%。

从上面的分析，得出评估结论如下：国家图书馆站点客流登降量不大，但断面客流量较大，断在此处不太合理；国家图书馆前后两个区间跨区出行量较大，占全部出行 OD 的 31%。因此在国家图书馆处断开不合理，将会增加很多换乘。

4 结论

本文提出了基于公交 IC 卡数据的公交线路开调延评估方法和指标体系量化分析方法。并针对北京市地铁 4 号线的开通，对沿线走廊内公交线路优化整合方案进行了分析，改变了以往研究单一公交线路调整的方式，从系统最优的角度，以提高走廊内公共交通整体运行效率为目标，对公交线路优化整合方案进行评估，效果显著。本文所提到的方法主要基于公交 IC 卡数据，从线路实际运营和客流特征的角度，对公交线路的优化调整方案进行分析和论证，对于沿线土地利用、人口密度、岗位分布等没有进行深入分析，因此今后还需要结合沿线的客流需求对方法进行进一步的研究和完善。

参考文献

【1】基于轨道的常规公交线网调整方法, 范海雁、杨晓光、夏晓梅、严凌,《城市轨道交通研究》, P36-38.

【2】配合城市轨道交通的常规公交线网调整研究, 袁润文, 硕士学位论文, P2-3

原创性声明

本文内容系作者原创, 特此声明。

稿件标题

基于轨道的公交线路调整方案评估技术研究

作者姓名: 刘雪杰

性别: 女

出生年月: 1981.12

最高学历: 硕士研究生

工作单位: 北京交通发展研究中心

通信地址: 北京市丰台区六里桥南路甲9号首发大厦A座603室, 100073

职称: 中级工程师

联系电话: 01057079754 (办公) 15801341062 (手机)

传真: 01057079800

电子信箱: liuxj@bjtrc.org.cn