文章编号：1003-1421(2026)02-0042-07
引用格式：朱炜，张炜晗，郁叶萍，等.多网融合下都市圈轨道交通清分方法改进研究[J].铁道运输与经济，2026，48(2)：42-48，118.
ZHU Wei，ZHANG Weihan，YU Yeping，et al. A Study on Passenger Flow Clearing Methods for Metropolitan Rail Transit under Multi-Network Integration[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(2)：42-48，118.

多网融合下都市圈轨道交通清分方法改进研究

朱 炜[1,2]，张炜晗[1,2]，郁叶萍[3]，费佳莹[3]，商泰峰[3]

(1.同济大学 交通学院，上海 201804；2.同济大学 上海市轨道交通结构耐久与系统安全重点实验室，上海 201804；3.上海轨道交通运营管理中心 票务清算部，上海 200070)

摘 要：在我国都市圈快速发展及轨道交通多网融合的背景下，各大城市积极推进多制式轨道交通系统的协同运营管理，传统城市轨道交通客流清分方法在新网络条件下面临诸多挑战。首先梳理了当前我国都市圈轨道交通发展趋势与客流清分现状，系统分析了多网融合条件下不同换乘模式与票价方案对乘客出行选择的影响，以及对现有客流清分模型适用性的冲击，明确了模式与方案的适配关系。在此基础上，结合都市圈轨道交通多网融合建设目标，重点揭示现有清分模型在“无感换乘”与“差异化票价”组合场景中的局限性，并针对性提出了未来模型的改进方向。研究成果可为多网融合背景下轨道交通系统的运营调度与收益分配提供理论支撑，推动多制式轨道交通系统安全高效运行。

关键词：都市圈轨道交通；多网融合；互联互通；票价方案；清分方法
中图分类号：U293.1 **文献标识码**：A **DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250509005

A Study on Passenger Flow Clearing Methods for Metropolitan Rail Transit under Multi-Network Integration

ZHU Wei[1,2]，ZHANG Weihan[1,2]，YU Yeping[3]，FEI Jiaying[3]，SHANG Taifeng[3]

(1. College of Transportation, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Rail Infrastructure Durability and System Safety, Tongji University, Shanghai 201804, China; 3. Ticket Settlement Department, Shanghai Rail Transit Operation Management Center, Shanghai 200070, China)

Abstract: Against the backdrop of the rapid development of metropolitan areas in China and the multi-network integration of rail transit systems, major cities are actively advancing the collaborative operation and management of multi-modal rail transit. Traditional methods of passenger flow clearing in urban rail transit face numerous challenges under these new network conditions. This study first reviewed the current development trends of metropolitan rail transit in China and the existing practices of passenger flow clearing, followed by a systematic analysis of how different transfer modes and fare schemes under multi-network integration affect passenger travel choices and challenge the applicability of existing clearing models, thereby clarifying the adaptability between modes and schemes. On this basis, and in line with the construction goals of multi-network integration in metropolitan rail transit, the study highlighted the limitations of current clearing models in combined scenarios of “seamless transfers” and “differentiated fare structures” and proposed targeted directions for future model improvements. The findings are expected to

收稿日期：2025-05-09
基金项目：上海申通地铁集团有限公司科研课题(JS-KY23R023)；国家自然科学基金项目(72071147)

provide theoretical support for operational scheduling and revenue allocation of rail transit systems under multi-network integration and promote the safe and efficient operation of multi-modal rail transit systems.

Keywords: Metropolitan Rail Transit; Multi-Network Integration; Interconnection and Interoperability; Fare Scheme; Clearing Method

随着都市圈的快速发展，居民出行向城市外围延伸，为提升区域交通效率，各大城市加快推进多制式轨道交通互联互通。国家发展和改革委员会《国家发展改革委关于培育发展现代化都市圈的指导意见》(发改规划〔2019〕328号)[1]提出要打造轨道上的都市圈，推动干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通“四网融合”。客流是轨道交通网络化运营管理的前提与基础，精准的客流清分不仅对轨道交通系统的运营计划和调度指挥至关重要，也影响着票款收益在多运营主体之间的合理分配。多网融合条件下，不同轨道交通制式列车时速、票价费率、换乘模式等差异将进一步凸显乘客出行行为的异质性，对当前城轨系统所使用的客流清分模型提出挑战。现有研究更多聚焦于多制式轨道交通系统的票制票价设计，却忽视了对后续客流分析及计算方法的深入探讨。随着上海市域机场线等新线陆续建成并开通运营，相关“多网融合”配套方案与规划亟需提上日程[2]。在多制式轨道交通互联互通方案与一体化票务模式研究的同时，兼顾后续的清分模型及算法，实现网络客流的精准计算与分析，对轨道交通系统的正常运作和确保各收益方的利益来说十分必要。因此，通过探讨多网融合条件下换乘衔接、票务管理等各类可行方案，分析网络场景变化对清分工作的要求，启发未来清分模型的改进方向，以满足都市圈轨道交通系统多样化发展需求，提升乘客的出行体验。

1　都市圈轨道交通网络与清分现状

1.1　都市圈轨道交通多网融合趋势

“多网融合”是指多种轨道交通制式之间在“车流”或“客流”上的互联互通。由于不同层次轨道交通在服务定位、技术特征、运输组织等方面并不完全相同，为提升轨道交通系统的服务水平，除在线网层面完成多制式轨道交通一体化规划，技术层面做好车辆、信号、轨道、供电等各专业高效衔接，还要关注运输组织、调度指挥、换乘衔接、票务运作等运营管理的互联互通。中共中央、国务院发布《国家综合立体交通网规划纲要》(中发〔2021〕8号)[3]指出要做好干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路与城市轨道交通衔接协调，构建运营管理和服务“一张网”，实现设施互联、票制互通、安检互认、信息共享、支付兼容。

目前我国各大都市圈正在积极探索高效的多制式轨道交通互联互通方案和票制票价等规则。随着上海城市轨道交通向1 000 km新纪元迈进，上海市发布《上海市城市总体规划(2017—2035年)》[4]提出1 157 km的市域铁路建设目标，并计划与城市轨道交通无障碍对接，实现乘客在不同类型线路间的无感换乘。当前上海市域机场线已部分开通，为保障多网融合轨道交通系统的安全、有序运营，在票价方案研究的同时，需兼顾后台的清分模型及算法，实现网络客流的精准计算与分析，服务于轨道交通系统的日常运营与管理，确保各收益主体的利益。

1.2　城市轨道交通清分模型现状

“清分”是城市轨道交通网络化运营管理的重要且特色工作，通常包含“客流清分”与“票款清分”2层含义。其中，前者为网络客流分布情况的计算与分析，后者则将票务收入在不同运营主体之间进行收益分配。研究所指的“清分”主要为狭义上的客流清分。运营主体承担完成的客流量是决定票款收益分配的主要依据，当前城市轨道交通票款分配主要采用“双比例”模型，根据OD间多条有效路径的客流分布比例及各路径中不同运营主体承担的运输里程比例完成票款分配。因此，准确的网络客流分布计算是票款收益分配的基础。乘客个体的出行选择对客流在网络当中的分布至关重要，在“一票换乘”模式下，乘客在轨道交通网络内部的行程不可见，乘客路径选择的准确估计是“清分”问题的关键与难点[5]。

当前主流的客流清分模型可分为近似法与精确法2类，前者包括路网规模清分模型、最短路径清分模型和K短路径概率模型，后者包括理想情况下

的清分模型与基于多维匹配的清分模型[6]。理想情况下的清分模型假设每个换乘站均设置记录乘客换乘行为的设备，从而得出乘客的精确出行路径。基于多维匹配的清分模型是对已发生的OD客流进行重新推算，再现其在网络上的分布情况，属于“后验型”推定[7]。近似模型根据线路服务质量、路径旅行时间、乘客出行偏好等因素先行估算不同路径的被选择比例，相对简单且耗时低，我国多数城市轨道交通系统主要使用K短路径概率模型[8]。

2　都市圈网络清分前置条件分析

当前我国多网融合轨道交通建设处于起步阶段，客票、安检、换乘等相关条件尚未明确，各地仍在积极探索科学、合理的多制式轨道交通互联互通方案与一体化票制票价系统。作为客流清分工作的重要前置条件，换乘模式和票价方案深刻影响着乘客在多制式轨道交通网络中的出行环境和路径选择行为，从而在不同程度上对当前客流清分模型的适用性提出挑战。

2.1　互联互通模式分析

互联互通模式指不同轨道交通制式间的换乘衔接方式，目前我国城市轨道交通系统大多已实现付费区内无感换乘。多网融合条件下，由于不同轨道交通制式线路运营主体、硬件制式等差异，各城市的不同线路根据其特点采取差异化的模式，可分为3类：非付费区刷卡换乘、付费区标记换乘和付费区无感换乘[9]。

2.1.1　非付费区刷卡换乘模式

非付费区刷卡换乘(以下简称“模式1”)指乘客在非付费区内(站内经过闸机或出站换乘)通过再次刷卡或购票以换乘不同的轨道交通。该模式对不同轨道交通制式的出行分开计费，减轻了各运营主体票务管理工作的压力，但一定程度上降低了乘客的出行体验，部分车站还存在二次安检的情况，给乘客出行造成不便。目前我国已开通的市域、城际线路在与城轨换乘时大多采用了该模式，如北京市域铁路S2线、通密线与城轨间站外换乘，怀密S5线在清河站内可通过再次刷卡购票换乘至城轨和高铁；粤港澳四线贯通运营的城际网，广佛南环(佛山西—番禺)、佛莞城际(番禺—东莞西)、佛肇城际(佛山西—肇庆)和莞惠城际(东莞西—小金口)均采用非付费区换乘的方式[10]。在模式1下，不同轨道交通运营主体各自承担其对应的票务结算与清分工作，不存在多网融合下的清分问题，与当前城轨的工作习惯一致。

2.1.2　付费区标记换乘模式

付费区标记换乘(以下简称“模式2”)指在每个换乘站设置标签机等外部设备以标记乘客的换乘行为。模式2一定程度上提高了乘客的出行体验，同时降低了路径选择推断的难度。但标签机等硬件设施的使用需投入大量资金，运营成本较高，且海量出行记录对数据存储与处理的挑战较高，实施难度较大。因此，目前该模式在我国还未实际落地，但在国外已得到一定的应用，如伦敦大都市圈轨道交通系统采用一体化票务支付模式，在跨制式出行时需刷卡标记途经点[11]。模式2将跨轨道交通制式的复合出行拆分，分别进行客流的清分计算，多网融合条件下的客流清分问题又回归到单一制式的轨道交通网络，现有的客流清分模型依然适用。

2.1.3　付费区无感换乘模式

付费区无感换乘(以下简称“模式3”)指乘客无需再次安检、购票或标记即可在不同轨道交通制式间无障碍换乘。模式3极大方便了乘客出行，提升了轨道交通系统的服务水平，但同时对清分模型的计算准确度提出了更高要求。不同于城市轨道交通系统，多网融合条件下因不同轨道交通制式列车运行时速、票价费率等存在差异，乘客面临多元的出行选择，增加了路径选择推定和票款收益分配的难度，对现有的客流清分模型提出了挑战[12]。在国家对轨道交通“一票制”的出行要求下，该模式是未来我国多网融合的发展趋势与目标，上海市域机场线已在与城轨的换乘站开展这一试验，面对后续更多换乘站的开通和更多市域线路的接入亟需研究适用的客流清分算法。

2.2　票制票价方案分析

受线路服务质量、运营成本等影响，当前不同轨道交通制式一般采取差异化的计价原则和费率。因而，当多制式轨道交通互联互通后，需制定统一的票价方案以对跨制式的出行计费。按照“同OD同票价”和“同OD不同票价”两大原则，多网融合

轨道交通系统可采取3种计价策略：同OD同票价的最惠票价、基于线路差异的最惠票价和基于旅行时间的最惠票价[13]。

2.2.1　同OD同票价的最惠票价方案

同OD同票价的最惠票价方案(以下简称“方案1”)指路网中所有起讫点相同的出行票价相同，均按该OD下票价最低路径的费用向乘客计费。方案1忽略了不同轨道交通制式的票价差异性，按统一费率向乘客收费，沿用了当前城轨做法，操作简单，便于管理且风险低。但该方案可能会导致部分运营成本较高的线路产生亏损，存在一定的不公平性。目前我国开通较早的市域、城际线路大多采用了这一方案，例如，长三角地区的杭海城际铁路采用了与杭州地铁相同的计费标准，但在换乘站需重新起步，分段计费。方案1规避了不同轨道交通制式费率差异对乘客路径选择的影响，乘客的出行条件与当前城轨网络无本质差异。因此，该方案可作为换乘模式3的保底方案，来降低网络客流分布计算的难度，沿用当前的模型与算法。

2.2.2　基于线路差异的最惠票价方案

基于线路差异的最惠票价方案(以下简称“方案2”)指在乘客跨制式出行路径或换乘车站已知的前提下按各轨道交通制式起步价和基本费率计价。除了OD间路径唯一，该方案一般需配合换乘模式1和模式2来实现。方案2是目前我国最常见的多网融合票价方案，例如，粤港澳地区的城际铁路、北京的市郊铁路大多在非付费区内二次刷卡过闸，不同轨道交通制式的出行按各自里程和费率分别计价，最后汇总得到路径总票价；上海市域机场线虽采用无感换乘方式，但由于目前仅开通了一个与城轨的换乘站，乘客在跨制式出行时，市域段路径唯一，同样符合方案2的计算条件[14-15]。方案2兼顾了不同运营主体的收益公平性，避免出现较大亏损，但对硬件设备的可靠性和响应速度要求较高，若因设备故障导致行程未被记录，将给精准扣款和清分造成障碍。由于乘客的出行路径或换乘车站明确，方案2同样简化了多网融合条件下的客流清分问题。

2.2.3　基于旅行时间的最惠票价方案

基于旅行时间的最惠票价方案(以下简称“方案3”)指在不同轨道交通制式差异化定价的原则下，根据各路径理论旅行时间和乘客实际出行时间按“最惠原则”核收票价。该方案面向换乘模式3提出，解决乘客路径不唯一且换乘站不确定的难题。方案3尽可能体现了不同轨道交通制式票款收益的公平性，降低了政府财政补贴的压力，但操作难度较大，对设备的准确度和后台的清分算法要求较高，易因错过列车、站内拥挤、逗留等原因导致判断失误，风险较高[16]。方案3将显著改变乘客在轨道交通网络中的出行条件与习惯，进一步释放其出行行为的异质性，且不借助外部设备记录，给客流清分带来极大的困难，使当前的清分算法发生本质变革。目前该方案尚处于研究过程中，但在无感换乘要求下，是未来多网融合的重要趋势，具有较高研究价值。

3　都市圈网络清分模型局限性分析

根据上述分析，在各类多制式轨道交通互联互通模式与票价方案的组合中，对现有网络客流清分模型及算法挑战性较高的是换乘模式3与票价方案3的组合，即在不借助外部设备的情况下实现付费区无感换乘，并采用差异化定价方案。为此，以该类场景为重点研究对象，围绕当前客流清分模型的主要计算流程，分析其在该多网融合轨道交通网络条件下的局限性。

3.1　当前客流清分做法

现阶段，北京、上海、广州等地城市轨道交通票务清分系统采用基于概率的多路径客流清分模型及算法，具体步骤包括：①广义出行阻抗函数构建，将旅行时间或里程(包括在车、候车和各类走行时间或里程)作为影响乘客路径选择的主要因素，列车拥挤度、出行舒适度、换乘次数、换乘便捷度等作为次要因素，采用里程优先量纲，根据乘客走行速度、列车运行速度等将各因子转换成相应的虚拟里程参与权重计算；②有效路径搜索，采用K短路算法，结合路径的综合阻抗值与绝对、相对阈值生成有效路径集；③路径选择估计，基于概率分布原则，确定有效路径集中各条有效路径的客流分布比例。

3.2　乘客复杂出行决策

上述清分模型适用的一个重要前提条件是轨道交通网络中“同OD同票价”，此时乘客感受到的最

直观的出行代价为时间或里程，二者存在正相关关系，可借助列车运行时速和乘客平均走行速度转换为同一量纲。在前述票价方案3下，路网中同一OD间的不同路径可能存在较大票价差异，影响乘客路径选择的主要因素由单一的旅行时间变为由旅行时间和费用共同决定。而这二者并无直接的数学关系，给参数标定和因子量化造成一定困难。同时，乘客对旅行时间和费用的选择受个体经济属性、出行时段等影响，存在较强主观性和随机性，对综合阻抗函数的构造也提出了较高要求。

不同于单一制式的轨道交通系统，多网融合条件下不同线路列车乘坐舒适度的差异可能较大，跨制式出行的换乘距离、换乘便捷度等可能也有别于城轨换乘站，结合新场景下的乘客出行偏好调查对阻抗函数中的影响因子和权重进行差异化标定，使之符合乘客的真实感受十分必要。此外，相较于城轨的高频发车，市域和城际列车发车间隔较大，乘客若未赶上到达站台的第一列车，将使路径旅行时间产生较大波动，影响在换乘时选择此类线路。相应地，在构造阻抗函数时也应体现这一影响，提高客流清分模型的计算准确度。

3.3　有效路径搜索与选择

当前城轨清分模型按里程优先原则量化各有效路径的出行代价，多网融合条件下不同轨道交通制式列车运行时速不同，需相应对不同制式的路径里程进行折算，方能反映乘客的真实感受。在有效路径搜索时，现模型按路径的综合阻抗值进行筛选。当采用“同OD不同票价”方案后，乘客出行选择变得更加多元，即使考虑了票价对乘客路径选择的影响，该方法也无法涵盖所有乘客的出行选择。例如，某些路径旅行时间较短但票价较高，综合阻抗值可能并不占优势，易被当前的K短路算法排除在外，但以旅行时间为优先的乘客会考虑选择这些路径。因此，是否需扩展K短路的定义，或是更新有效路径集的生成规则，如综合考虑出行里程最短、时间最短及票价最低等多项原则，是未来多网融合轨道交通清分模型需考虑的重要问题。

类似地，在路径选择估计时，当前模型根据正态分布原则，基于有效路径的综合出行阻抗确定其被选择的概率。而在“同OD不同票价”下，存在时间(或里程)优先和费用优先2类评判，按照综合阻抗值大小计算得到路径选择概率可能并不符合实际的选择情况。因此，是否需要在高、低票价2个路径集内分别进行路径的选择估计也是当前清分模型需讨论的问题。

综上所述，多网融合网络条件的变化对当前我国城市广泛采用的基于概率的客流清分模型提出了诸多挑战，降低了其在新网络环境下的适用性与清分精度。未来需围绕上述局限，对现有概率清分方法进行针对性优化。

4　都市圈网络清分模型改进探讨

多网融合背景下网络条件与乘客出行特征的变化对客流清分提出了更高要求，随着我国多制式轨道交通互联互通建设的持续推进，研究面向多网融合场景的客流清分方法，已成为与票制票价设计同等重要的任务。对此，除针对现有清分模型在新网络条件下的局限性进行改进外，交通大数据的发展也为轨道交通乘客出行轨迹的推定提供了更为丰富、多维的视角；多网融合轨道交通系统运营模式的变化亦为客流清分方法提供了新的思路。因此，本研究将突破传统概率清分模型的框架，探讨未来面向都市圈复杂轨道交通网络的客流清分方法。

4.1　基于多源数据重构出行轨迹

在轨道交通精细化运营管理目标下，基于多维匹配的精细化客流清分模型近年来广受关注。除AFC票卡和ATS行车数据以外，手机信令、Wi-Fi嗅探、视频监控、列车称重等多源数据也逐渐被应用于乘客的路径选择推定[17]。但各类数据源存在其局限性，例如，车站Wi-Fi采集器可以捕获基站与乘客间的交互信息，但Wi-Fi数据存在不完整性、重叠和冗余问题；手机信令数据可以通过生成密集有序的时空数据来提取乘客出行轨迹，但涉及隐私性问题；轨道交通系统内的高清摄像头可追踪乘客行程，但对图像识别匹配算法的准确性要求较高。因此，打破数据源之间壁垒，将各独立的数据资源整合成一个多维异构网络，将有助于全面理解乘客的路径选择行为，提高客流清分的准确性。该方法精确到个体乘客，根据出行后数据回溯乘客的行程轨迹，不受多网融合网络条件变化的影响。

4.2　基于旅行时间匹配路径选择

路径旅行时间分布区间示意图如图1所示，受线路发车间隔、列车停站时间、个体走行速度差异等影响，乘客在轨道交通网络中的路径旅行时间并非定值，而是一个具有波动的区间。同一OD间多条有效路径的旅行时间分布区间可能存在2种情况：①非重叠区间，某一路径的旅行时间分布完全不与任何路径存在重叠(如图1 AB和GH)，或某一路径存在部分不与其他路径重叠的旅行时间分布区间(如图1 CD和EF)；②重叠区间，某一路径的旅行时间分布与其他路径存在重叠，如图1路径2和路径3的DE区间。当乘客的实际旅行时间落在非重叠区间时，如图1中乘客1，2，4，5，可对其路径选择做出准确判断。

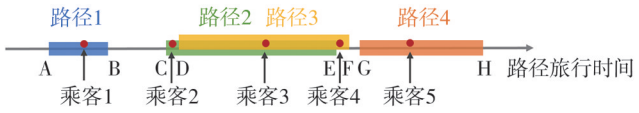

图1　路径旅行时间分布区间示意图

Fig.1　Route travel time distribution intervals

基于旅行时间的匹配方法思路如图2所示，在城轨网络中，由于各路径的旅行时间相近，其分布存在较多重叠，如图2a所示，乘客的实际旅行时间大多处于重叠区间，难以使用该方法进行判断。而多网融合条件下，不同轨道交通制式列车运行时速差异较大，拉大了部分市域里程占比较高路径的旅行时间与其他路径的差值，如图2b中的路径1，乘客的路径选择可能反映在其旅行时间中。因此，可以基于该旅行时间匹配的思路，进行路径选择的初步推定。此外，在“同OD不同票价”方案下，乘客出行的票价信息也可作为线索，辅助其路径选择推定。

但上述基于旅行时间匹配的方法难以对路网中

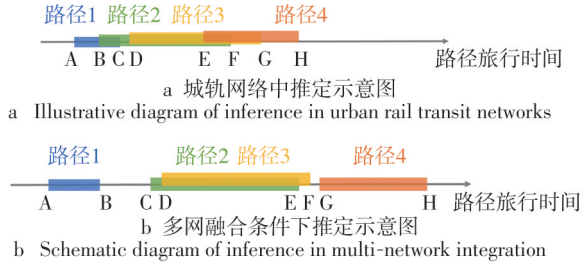

图2　基于旅行时间的匹配方法思路

Fig.2　Travel time-based matching method

的所有票卡进行判断，仍需结合概率清分模型对剩余票卡进行计算，将基于乘客出行时间的推定方法与基于乘客总体出行特征的概率方法相结合，形成多网融合条件下新的综合客流清分模型[18]，改进的综合清分模型流程图如图3所示。该模型高度依赖乘客的路径旅行时间，而乘客在城轨网络中的旅行时间存在较强随机性和个人主观性。例如，市域、城际列车发车间隔较大，乘客若未赶上到达站台的第一班列车，将对旅行时间产生较大影响。此外，乘客的主动或被动站内等待或逗留行为也会影响该模型推定的准确性。因此，需考虑结合多源数据或设定其他筛选规则，对模型的计算结果进行修正。

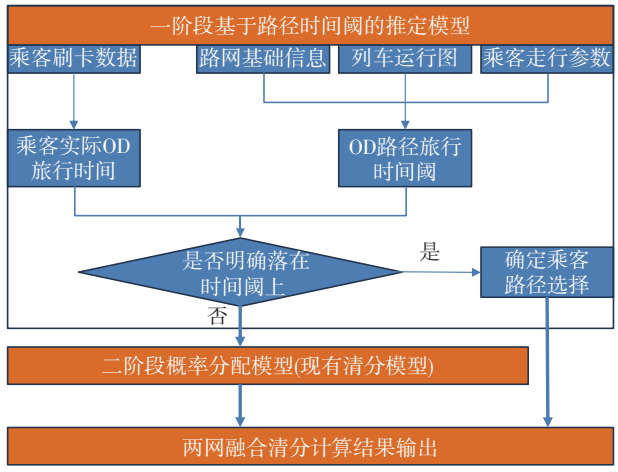

图3　改进的综合清分模型流程图

Fig.3　Flowchart of improved comprehensive passenger flow clearing model

5　结束语

随着都市圈多制式轨道交通互联互通建设的加快，乘客在轨道交通系统中的出行选择日益多样，出行行为也愈加复杂，传统客流清分工作面临前所未有的挑战。研究系统梳理了多网融合轨道交通系统在换乘衔接、票制票价等方面采取的不同方案，探讨了各自的优缺点、适用性及其给客流清分工作带来的影响。结合各方案的适应性与我国都市圈轨道交通多网融合建设趋势，重点关注“付费区无感换乘”与“差异化票价方案”的前置条件组合，深入探讨在这一组合方案下，当前基于“同OD同票价”原则所构建的客流清分模型的局限性，提出了后续模型的优化构想。未来都市圈轨道交通客流清分模型应充分考虑多网融合场景下的轨道交通系统

运营组织特征和乘客出行行为变化，通过整合多源大数据和利用乘客多维行程信息，突破传统基于概率分配模型的客流清分思路，构建更加灵活、精细、智能的客流清分理论与方法，提升乘客路径选择推定的准确性，为轨道交通系统的日常运作提供更为科学、高效的决策依据，推动都市圈轨道交通高质量运营管理目标的实现。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委培育发展现代化都市圈的指导意见(发改规划〔2019〕328号)[A]. 北京： 中华人民共和国国家发展和改革委员会，2019.

[2] 潘昭宇. 都市圈轨道交通网络规划研究综述及展望[J]. 铁道运输与经济，2024，46(10)：61-72.
PAN Zhaoyu. Overview and Prospect of Urban Rail Transit Network Planning Research[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(10)：61-72.

[3] 中共中央，国务院. 国家综合立体交通网规划纲要(中发〔2021〕8号)[A]. 北京： 中共中央，国务院，2021.

[4] 上海市人民政府. 上海市城市总体规划(2017—2035年)[A]. 上海： 上海市人民政府，2018.

[5] 朱　炜. 基于乘客OD间路径旅行时间的城市轨道交通客流分布计算模型的适用性研究[J]. 城市轨道交通研究，2024，27(3)：6-12，18.
ZHU Wei. Applicability of Passenger Flow Distribution Calculation Model in Urban Rail Transit Based on Passenger OD Travel Time[J]. Urban Mass Transit，2024，27(3)：6-12，18.

[6] TIAN Y H，ZHU W，SONG F Q. Route Choice Modelling for an Urban Rail Transit Network：Past，Recent Progress and Future Prospects[J]. European Transport Research Review，2024，16(1)：52.

[7] 许　明，王锁平，刘　毅. 城市轨道交通乘客出行路径精准分析算法研究[J]. 城市轨道交通研究，2023，26(5)：55-58，64.
XU Ming，WANG Suoping，LIU Yi. Research on Accurate Analysis Algorithm of Urban Rail Transit Passenger Travel Path[J]. Urban Mass Transit，2023，26(5)：55-58，64.

[8] HUANG R，JIANG Y K，LIU Z L，et al. Algorithm and Implementation of Urban Rail Transit Network Based on Joint Operation[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2010，10(2)：130-135.

[9] 刘裕行，柏　成，张炜晗，等. 多网融合背景下轨道交通互联互通内涵与模式分析[J]. 城市轨道交通研究，2025，28(5)：12-18.
LIU Yuxing，BAI Cheng，ZHANG Weihan，et al. Connotation and Model Analysis of Rail Transit Interconnection and Interoperability under Multi-Network Integration Background[J]. Urban Mass Transit，2025，28(5)：12-18.

[10] 李晓玉，苏跃江，胡郁葱，等. “四网融合” 背景下粤港澳大湾区轨道交通票价一体化研究[J]. 城市轨道交通研究，2022，25(10)：14-19.
LI Xiaoyu，SU Yuejiang，HU Yucong，et al. Integration of Rail Transit Fares in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area under the Background of “Four-Network” Integration[J]. Urban Mass Transit，2022，25(10)：14-19.

[11] 彭　磊，王多宏. 多运营主体、多系统制式下都市圈轨道交通的客票定价策略及清分系统设计[J]. 城市轨道交通研究，2024，27(9)：71-75.
PENG Lei，WANG Duohong. Passenger Ticket Pricing Strategy and Clearing System Design for Rail Transit with Multiple Operating Entities and Multiple System Modes in Metropolitan Area[J]. Urban Mass Transit，2024，27(9)：71-75.

[12] 张炜晗，柏　成，刘裕行，等. 两网融合条件下市域铁路客流分析方法研究[J]. 交通与运输，2023，39(6)：43-47.
ZHANG Weihan，BAI Cheng，LIU Yuxing，et al. Passenger Flow Analysis Method of Municipal Railway under the Condition of Its Integration with Urban Rail Transit[J]. Traffic & Transportation，2023，39(6)：43-47.

[13] 冉　杰. 粤港澳大湾区轨道交通票务清分系统互联互通及一体化方案探索[J]. 铁道经济研究，2024(4)：55-64.
RAN Jie. Interoperability and Integration of Railway Ticket Clearing System of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Railway Economics Research，2024(4)：55-64.

[14] 王　静，张　源，高胜庆，等. 两网融合背景下市域(郊)铁路票制票价及清分研究[J]. 综合运输，2020，42(6)：28-35.
WANG Jing，ZHANG Yuan，GAO Shengqing，et al. Fare Structure，Ticket Price and Algorithm of Metropolitan Railways in the Context of Integration of Rail Transit and Metropolitan Railways[J]. China Transportation Review，

（下转第118页）