

# 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<sup>\*</sup>

彭磊<sup>1</sup> 王多宏<sup>2</sup>

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州; 2. 西南交通大学交通运输与物流学院, 610031, 成都)

**摘要** [目的] 都市圈轨道交通不同运营主体、不同系统制式的线路在客运量划分、运营成本核定上有所不同, 且存在差异化定价需求。为促进都市圈“四网融合”, 应对多运营主体、多系统制式(以下简称“二多”)下都市圈轨道交通的客票定价策略及其清分系统设计方案进行研究。[方法] 基于二多条件下都市圈轨道交通线路客票定价及票务清分的特点及难点, 提出了3种定价模式: 全网统一票价率模式、OD(起讫点)差异化定价模式、基于OD和进出站时间的差异化定价模式, 并分别制定了与之相匹配的票务清分流程。在此基础上, 提出了二多条件下都市圈轨道交通线网票务清分系统的3个设计方案, 以满足二多条件下都市圈轨道交通线网票务清分系统的不同需求。[结果及结论] 应根据都市圈轨道交通线网的不同发展阶段, 采取适宜的定价模式及清分方法。应根据都市圈轨道交通线网的运营主体特点及都市圈线网运营管理规划, 选择合适的票务清分系统设计方案。

**关键词** 都市圈轨道交通; 多运营主体; 多制式轨道交通; 客票定价策略; 票务清分系统

**中图分类号** F530.5

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.09.012

## Passenger Ticket Pricing Strategy and Clearing System Design for Rail Transit with Multiple Operating Entities and Multiple System Modes in Metropolitan Area

PENG Lei<sup>1</sup>, WANG Duohong<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China; 2. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, 610031, Chengdu, China)

**Abstract** [Objective] Metropolitan area rail transit lines with different operating entities and different system modes differ in passenger capacity division and operating cost verification, and there is a need for differentiated pricing. In order to promote the integration of four networks (mainline railways,

intercity railways, suburban railways, and urban rail transit) in the metropolitan area, the ticket pricing strategy and the clearing system for metropolitan area rail transit under the condition of multiple operating entities and multiple modes (hereinafter referred to as "two-multiple") should be studied. [Method] Based on the characteristics and difficulties of passenger ticket pricing and ticket clearing in metropolitan area rail transit lines under two-multiple conditions, three pricing models are proposed: a unified fare rate model for the entire network, an OD (origin/destination) differentiated pricing model, and a differentiated pricing model based on OD and entry/exit time, and matching ticket clearing processes are formulated respectively. On this basis, three design schemes for the ticket clearing system are proposed to meet the different needs of the ticket clearing system of metropolitan rail transit line network under two-multiple conditions. [Result & Conclusion] Appropriate pricing models and clearing methods should be adopted in accordance with the different development stages of the metropolitan rail transit network. The proper design of clearing system should be selected according to the characteristics of operating entity and the operation/management plan of the metropolitan rail transit network.

**Key words** metropolitan rail transit; multiple operating entities; multiple system modes of rail transit; passenger ticket pricing strategy; ticket clearing system

目前,我国城市轨道交通与市域铁路均有独立的票务定价策略和清分模式,其中:城市轨道交通定价模式有单一票价、里程分段计价、区间分段计价3种类型;市域铁路则采用按里程分段计价、递远递减的计价办法。

都市圈轨道交通包含了干线铁路、城际铁路、市域铁路、城市轨道交通4种不同的制式,其线网构成复杂,不同运营主体、不同系统制式的线路在客

<sup>\*</sup> 广州地铁设计研究院股份有限公司科研项目(R113621H01081)

运量划分、运营成本核定上有所不同,且不同制式线路可能存在差异化定价方式,这些均会增加轨道交通网络票价制定及票务清分工作的难度。如何结合不同制式线路的特点制定合理票价,实现运营票务收入的合理分配,是“四网融合”发展背景下的重要研究课题。

文献[1]通过优化模型计算得到弹性出行需求下城市轨道交通乘客中一般群体与特殊群体的不同票价折扣率。文献[2]针对多种公共交通方式构成的城市客运系统,提出了城市轨道交通与其他城市公共交通方式协调的分时段定价方法,但未对都市圈内涉及多种轨道交通制式时的定价方法展开研究。文献[3-4]以有效路径的客流分配比例、有效路径上的线路里程比例为基础,构建了城市轨道交通网络的票务清分模型,但未对多制式轨道交通条件下的票务清分方法展开详细研究。综上所述,目前对于涉及多运营主体、多系统制式(以下简称“二多”)条件下都市圈轨道交通网络票价制定、票务清分的研究相对较少。为此,本文对二多条件下都市圈轨道交通网络票价制定及票务清分的特点及难点进行研究,探讨与之相适应的票务定价模式及票务清分模式。

## 1 二多条件下都市圈轨道交通票务定价模式分析

### 1.1 定价模式优缺点分析

二多条件下都市圈轨道交通网络的票价制定,应综合考虑两个方面因素:一是要与不同制式线路的运营成本相匹配;二是具有一定的盈利能力。因此,二多条件下都市圈轨道交通票务定价模式可分为3种:全网统一票价率模式、OD(起讫点)差异化定价模式、基于OD和进出站时间的差异化定价模式。

#### 1.1.1 全网统一票价率模式

全网统一票价率模式(以下简称“模式1”)指无论线网中任意OD间的路径涉及何种制式线路,均采用统一的票价率。

模式1本质上将都市圈内所有轨道交通线路看作一个整体,不考虑运营主体及系统制式的不同对差异化定价的要求,也不考虑乘客属性、乘坐时段及出行距离的差异性,对线网中任意OD间的路径均采用统一的票价率。

#### 1.1.2 OD差异化定价模式

OD差异化定价模式(以下简称“模式2”)指基

于线网中不同制式线路的差异化定价需求,对涉及不同制式线路的OD采用差异化的票价率。

模式2下,若从OD分析得到乘客乘坐路径途经了不同制式线路,则采用不同的票价率;若OD途经线路均为同一制式线路,则不区分乘客的进出站时间、乘坐路径及途经的线路制式,按同一价格核收票款。

#### 1.1.3 基于OD和进出站时间的差异化定价模式

基于OD和进出站时间的差异化定价模式(以下简称“模式3”)按AFC(自动售检票)记录的进出站时间进行差异化票款核收,即:仅对经过高票价率路径的乘客核收高票价率路径票款。模式3需要根据进出站时间反推乘客可能途经的路径,再与该OD的有效路径集内各路径所需出行时间进行对比,进而核收票价。

模式3下,将线网OD分成两类。一类为有效路径经过同一制式的OD,该类OD依据模式2核收票款。另一类为有效路径经过不同制式线路的OD,该类OD根据进出站时间判定其相应票价,具体为:计算该OD可行路径集内各路径所需的理论出行时长,对比理论出行时长与AFC提供的乘客实际出行时长,将不低于乘客实际出行时长的多条可行路径纳入有效路径集,按照有效路径集内对应的最低费用对乘客收取票款。

3种票务定价模式的优缺点对比如表1所示。

表1 二多条件下都市圈轨道交通网络3种票务定价模式优缺点对比

Tab.1 Advantages and disadvantages comparison of the 3 ticket pricing models for metropolitan rail transit network under two-multiple conditions

模式	优点	缺点
模式1	便于运营主体管理票务事务;运营综合成本较低;易于票务清分,操作便捷;轨道交通服务的公益性较突显	不同制式线路的收费差异性需求较难兼顾;高成本、高服务质量轨道交通线路的运营主体易亏损;运营主体间存在一定的不公平性
模式2	兼顾不同制式线路的差异化定价需求;兼顾不同运营主体的收益;凸显不同制式线路的运营服务质量差异性	部分乘客未经过高票价费率路径,但可能会被系统清分按高票价费率路径出行收取票款;乘客间出行费用在计费上存在一定的不公平性;对清分算法要求较高
模式3	兼顾乘客和运营主体双方利益;对客流有一定的调节作用	操作难度大;对清分算法要求高;对AFC设备的可靠性及响应速度要求高

### 1.2 3种定价模式的适应性分析

模式1下,鉴于目前城市轨道交通票价率已确定,二多条件下的统一票价率一般沿用既有城市轨道交通常规线路的票价率。模式1将整个都市圈的轨道交通统一定位为公益性运输服务,票务管理简单,但容易造成区域快线运营主体、市域铁路运营主体的财务亏损。在都市圈内区域快线、市域铁路规模不大的情况下,可通过增加对区域快线、市域铁路运营主体的市政补贴来缓解此问题。因此,建议在区域快线、市域铁路接入城市轨道交通线网的初期采用模式1。

模式2下,根据OD有效路径上不同制式票价率的不同,可进一步细分为2种定价方法:一是在同一个OD下,针对涉及不同制式的有效路径集,取有效路径集内的最低票价;二是基于该OD间有效路径集内所有路径上的客流分担率及价格,选用合适的方法,计算得到该有效路径集的综合票价。采用

前者,区域快线运营主体的财务略有亏损;采用后者,对于并未乘坐区域快线但按综合票价收费的乘客而言,略失公平。因此,建议在都市圈轨道交通网络建设初期采用模式2。同时,出于对乘客权益的保护并减少社会舆论压力,可优先采用最低票价核收的方式,对涉及不同轨道交通制式的OD客流进行收费。

模式3在3种定价模式中操作难度最大,高度依赖票务清分算法的有效性、AFC设备的可靠性。因此,建议在票务清分算法、AFC等设备技术条件更为成熟后,在都市圈轨道交通网络建设远期再采用。

## 2 二多条件下都市圈轨道交通票务清分流程及技术保障

### 2.1 不同定价模式的票务清分流程

本文设计了二多条件下都市圈轨道交通票务清分流程,如图1所示。

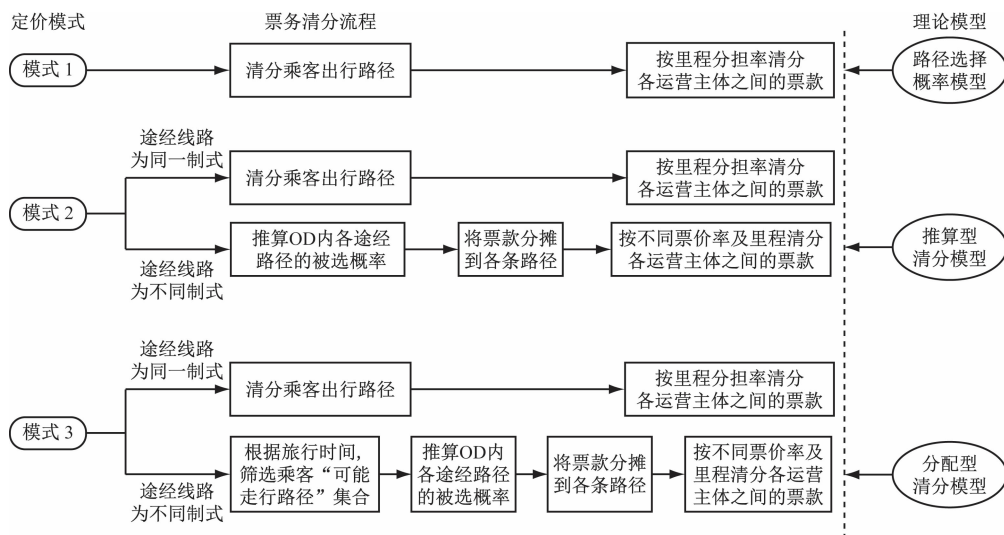


图1 二多条件下都市圈轨道交通票务清分流程

Fig. 1 Ticket clearing process for metropolitan rail transit under two-multiple conditions

1) 模式1下,由于不同制式线路采用统一票价率,都市圈轨道交通线网票务清分和城市轨道交通线网清分在流程上类似,主要是根据AFC数据中的OD信息确定乘客的出行路径。由于都市圈轨道交通线网内所有OD的票价率均相同,票务清分可以分解为2个步骤:①根据AFC的乘客OD记录,推算该乘客的乘坐路径;②根据该路径中各运营主体所辖的线路长度或车站数量,采用适宜的清分模型,将票款清分给各运营主体。

2) 模式2下,票务清分需根据乘客OD的有效

路径细分为两类。若OD的途经线路为同一制式,则该OD的票款清分与模式1下的票务清分类似。若OD的途经线路为不同制式,则需要推算OD内各途经路径的被选概率,按比例将票款分摊到各路径上,然后再根据各路径涉及的不同制式线路的票价率和运营里程,将分配到各路径上的票款进一步清分给不同的运营主体。

3) 模式3下,票务清分同样需要根据乘客的OD的有效路径细分为两类。若OD的途经线路为同一制式,按模式2的方法核收票款。若OD的途



经线路为不同制式,则需根据乘客的进出站时间进一步判定:先根据进出站时间计算并筛选 OD 间的有效路径集,得到有效路径集内各路径的理论出行时长;再与 AFC 数据进行对比,获取乘客在该 OD 路径上的实际出行时间,筛选出理论出行时长大于乘客实际出行时长的有效路径,更新有效路径集;最后,在更新后的有效路径集内选择费用最低的出行路径,将此路径作为票务清分中该乘客的实际乘坐路径。根据该路径的出行费用,按照不同制式及运营主体对该乘客的票款进行分配。

## 2.2 票务清分技术保障

二多条件下都市圈轨道交通车票应可兼容,在安全密钥体系、单程票、储值票、员工票、黑名单管理等方面实现统一管理。在票价与票务政策方面,应认可各方的优惠政策,采用一致的票价计算原则、票务事务处理规则及 AFC 设备服务界面。各运营主体在其所辖线路的票价、票务政策制定上可保留自主决定权,但在涉及贯通运营线路及各运营主体管理区域边界时,不同运营主体间应共同制定票务政策并测算票价。

以 AFC 系统采集到的客流出行数据为基础,清分中心应实现都市圈轨道交通线网 AFC 数据共融,实现不同运营主体、不同制式线路间的票务清分。此外,清分中心应能按各运营主体确认的统一清分规则体系,开展都市圈轨道交通间的票务收益清算业务,将票务收益的对账、分账、结算结果反馈给各运营主体。各运营主体的财务人员可根据分账结果,定期开展资金补结算工作。

## 3 二多条件下都市圈轨道交通票务清分系统设计方案

二多条件下都市圈轨道交通线网内包含多个运营主体,包含多种票制和计价原则,因此,在票务管理及清分上存在大量统筹、协调、监督工作。由于不同制式轨道交通票制在制定、计算、施行等方面有较大差异,都市圈轨道交通线网在统一票制、互认互通车票、共同确认票务政策后,还需构建二多条件下的都市圈轨道交通票务清分系统。根据二多条件下都市圈轨道交通的票务清分需求及特点,本文提出 3 个票务清分系统设计方案。

### 3.1 方案一

方案一为在上层新建 1 个都市圈轨道交通线网一体化客票清分中心,下设城市轨道交通公司清分

分中心、市域铁路公司清分中心、其他运营主体清分中心(后续视情形新增),以有效管理二多条件下都市圈轨道交通票务清分工作。方案一的系统逻辑框架如图 2 所示。

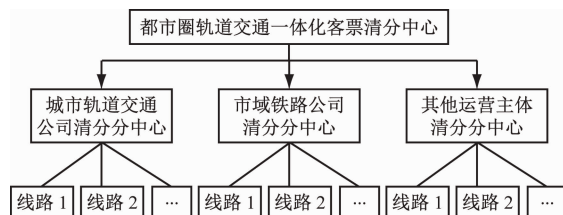


图 2 方案一的系统逻辑框架

Fig. 2 System logical framework for Scheme 1

一体化客票清分中心的主要工作包括:对都市圈轨道交通线网内的票务情况进行统筹,组织和开展票务管理工作(包括票务政策制定、客票收益核对、客票收益监督及实施等)。

方案一下,各分中心根据实际情况需要,将各自的客票情况或部分客票数据上传至一体化清分中心。不同制式下票务自主措施(包括具体票价和计费原则、客票管理等)的实施,由该制式对应的各分中心自行负责。各运营主体可定期派专员组织开展专项数据审计工作,以评估一体化清分中心票务数据清分的完整性及准确性。

### 3.2 方案二

方案二充分利用既有的城市轨道交通公司清分中心,并以其原有架构及功能为核心,将其拓展为一级客票清分中心。拓展后的城市轨道交通公司清分中心为市域铁路公司清分中心及其他运营主体清分中心(后续视情形新增)构建专网通道,以实现客票清分中心的互联。其系统逻辑架构如图 3 所示。方案二可在一定程度上节省建设投资成本。

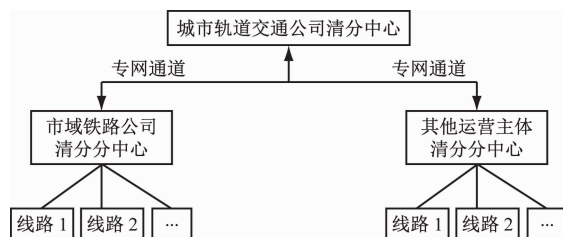


图 3 方案二的系统逻辑框架

Fig. 3 System logical framework for Scheme 2

### 3.3 方案三

方案三利用既有的城市轨道交通公司清分中

心、市域铁路公司清分中心及其他运营主体清分中心(后续视情形新增),构建专网通道,以实现各客票清分中心的互联,其系统逻辑架构如图4所示。各清分中心本质上相对独立,无统管原则,但相互间须按预先约定的协议采用统一的客票清分章程,须进行客票数据的互联共享,以实现都市圈客票收入的清分。

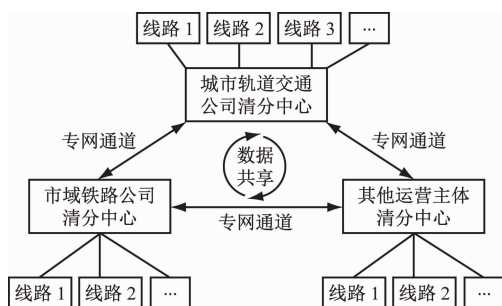


图4 方案三的系统逻辑架构

Fig.4 System logical framework for Scheme 3

### 3.4 3种票务清分系统设计方案的适应性分析

方案一中,顶层的都市圈轨道交通线网一体化客票清分中心能够简化跨运营主体的数据交互流程,提升线网票务监督效能,强化票务管理统筹能力,有利于推行统一的票务政策和标准,但需要各运营主体深度协同,实施成本较高。

方案二依托现有城市轨道交通公司的清分中心进行功能拓展,充分利用了现有资源,降低了都市圈轨道交通线网初期建设的成本,但票务清分系统的系统扩展性受限于原有清分中心的架构与能力。

方案三保留了各运营主体的自治性,票务管理灵活性高,但缺乏中央统一管理,可能在协调复杂票务问题时效率较低。

总体而言,方案一适合追求高度整合与标准化的都市圈轨道交通线网;方案二更适合预算有限且希望快速部署场景下的都市圈轨道交通线网;方案三则在保持各运营主体独立性的同时,强调合作与共享,适用于寻求平衡统一、保留个性化的都市圈轨道交通线网。选择都市圈轨道交通线网票务清分系统设计时,需综合考虑都市圈的具体特点、资金状况、合作基础及长远发展规划等要素。

## 4 结语

本文针对二多条件下都市圈轨道交通网络的客票定价及票务清分问题,设计了与之相适应的3

种票价制定模式,制定了与之相匹配的票务清分流程。建议根据都市圈轨道交通线网的不同发展阶段,采取适宜的定价模式及清分方法。

为满足二多条件下都市圈轨道交通线网票务清分系统的不同需求,本文进一步提出了二多条件下都市圈轨道交通线网票务清分系统的3个设计方案。上述研究不仅从理论层面丰富了轨道交通票务管理领域的研究内容,而且在实践操作及运营管理层面上为都市圈轨道交通的高效运营提供了策略指引和操作思路。后续研究应进一步深化剖析都市圈轨道交通建设及运营实践中可能遇到的具体问题,探索更为精细化、动态化的解决方案,不断完善和优化二多条件下都市圈轨道交通的票务清分体系,促进都市圈轨道交通的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 汪晴,邓连波,许景.城市轨道交通差异化票价和补贴优化[EB/OL].(2022-03-22)[2022-05-05].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4520.U.20220318.1554.008.html>. WANG Qing, DENG Lianbo, XU Jing. Optimization of differentiated fares and subsidies for urban rail transit[EB/OL].(2022-03-22)[2022-05-05].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4520.U.20220318.1554.008.html>.
- [2] 蔡雨.考虑多种交通方式的城市轨道交通分段定价研究[D].成都:西南交通大学,2020. CAI Yu. The time differential pricing of urban rail transit considering multiple transportation modes[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2020.
- [3] 龚隽,靳文舟,郑亚晶.城市轨道交通票务清分方法研究[J].铁道运输与经济,2018,40(2):79. GONG Jun, JIN Wenzhou, ZHENG Yajing. A study on fare distribution model of urban rail transit[J]. Railway Transport and Economy, 2018, 40(2): 79.
- [4] 谢小星,秦凯,郭英明,等.城市轨道交通网络化运营的多路径可达票务清分模型[J].城市轨道交通研究,2020,23(10):133. XIE Xiaoxing, QIN Kai, GUO Yingming, et al. Urban rail transit fare clearing model of multiple access routes under network operation[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(10): 133.

· 收稿日期:2022-05-08 修回日期:2022-06-22 出版日期:2024-09-10

Received:2022-05-08 Revised:2022-06-22 Published:2024-09-10

· 第一作者:彭磊,高级工程师,sd13228197917@163.com

通信作者:王多宏,副教授,wdh109@swjtu.edu.cn

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取CC BY-NC-ND协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license