

广州市第三代交通模型体系：框架构建与技术创新

马小毅^{1,2}, 张科^{1,2}, 金安^{1,2}, 宋程^{1,2}, 陈先龙^{1,2}

(1. 广州市交通规划研究院有限公司, 广东 广州 510030; 2. 广东省可持续交通工程技术研究中心, 广东 广州 510030)

摘要: 在区域一体化与城市精细化治理背景下, 广州市第三代交通模型体系突破传统模型的时空局限, 为新时代交通治理提供定量决策工具。该模型体系以“数据-模型-应用”三级架构为核心, 通过数据底盘实现区域一体化与交通治理两大模型子系统的动态交互。重点阐述区域一体化模型和交通治理模型的技术特征: 区域一体化模型的建模范围从都市圈扩展至省域, 交通网络建构从单一道路系统延伸至高铁网络, 模型技术聚焦区域出行规律挖掘与需求预测, 应用场景也拓展至支撑城市互联互通和铁路枢纽群优化等; 交通治理模型则突破了传统规划模型的局限, 在交通网络建构方面人口数据颗粒度细化到建筑物, 模型技术着重挖掘出行者活动稳定性特征, 应用场景涵盖职住关系动态监测、拥堵点治理、复杂立交节点施工交通疏解等。实证表明, 该模型体系实现了从宏观战略到微观场景、从规划编制到动态治理的全流程覆盖。

关键词: 交通模型; 区域一体化; 交通治理; 大数据; 交通网络构建; 出行者活动稳定性; 广州市
Guangzhou's Third-Generation Transportation Model System: Framework Development and Technological Innovation

MA Xiaoyi^{1,2}, ZHANG Ke^{1,2}, JIN An^{1,2}, SONG Cheng^{1,2}, CHEN Xianlong^{1,2}

(1. Guangzhou Transport Planning Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong 510030, China; 2. Guangdong Sustainable Transportation Engineering Technology Research Center, Guangzhou Guangdong 510030, China)

Abstract: Against the backdrop of regional integration and refined urban governance, Guangzhou's third-generation transportation model system addresses the spatial and temporal constraints of conventional models, offering a quantitative decision-making tool for transportation governance in the new era. The system is based on a three-tier architecture of “data – model – application” and achieves a dynamic interaction of the two major foundational model subsystems of regional integration and transportation governance. Technical characteristics are highlighted for the two core subsystems: the regional integration model and the transportation governance model. The regional integration model expands its modeling scope from the metropolitan area to the provincial scale, with the transportation network construction evolving from single-mode road systems to integrated road-rail networks. Technologically, it focuses on identifying regional travel patterns and forecasting mobility demand, with application scenarios extending to facilitate intercity connectivity and optimize rail hub clusters. The transportation governance model addresses the limitations of traditional planning models. Its network construction incorporates population data at the building level, and its modeling techniques emphasize uncovering the behavioral stability patterns of travelers. Application scenarios include dynamic monitoring of job-housing relationships, congestion hotspot mitigation, and traffic diversion planning for complex interchange construction. Empirical results demonstrate that the model system enables full-process coverage from macro-level strategic planning to micro-level scenario governance, and from plan formulation to dynamic governance.

Keywords: transport model; regional integration; transportation governance; big data; transportation network construction; behavioral stability of travelers; Guangzhou

收稿日期: 2025-02-12

基金项目: 广州市交通规划研究院有限公司科技基金项目“数据驱动的时空推演城市活动模型研究(KYHT-2023-01)”

作者简介: 马小毅(1975—), 男, 江苏南通人, 硕士, 教授级高级工程师, 广州市交通规划研究院有限公司副总经理, 研究方向为城市规划、交通规划, 电子邮箱 pow2006@163.com。

通信作者: 张科(1989—), 男, 江西南昌人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为城市规划、交通规划和交通模型, 电子邮箱 865831890@qq.com。

0 引言

交通模型是广州市开展城市交通规划建设工作的基础性决策支持手段。广州市交通模型以第一次居民出行调查为基础，伴随第一次交通发展战略规划的启动而建立，并与之后两次居民出行调查及交通发展战略规划同步演进，先后历经三代交通模型迭代。

广州市第一代交通模型的创新价值体现

为将国际先进建模技术本土化应用和确立交通规划科学决策范式，为应对机动化初期的道路交通拥堵提供量化支撑。第二代交通模型的核心价值在于建立宏-中-微观联动的多尺度分析框架，并实现重大活动交通影响评估、城市轨道交通网络效能验证等复杂场景模拟，推动交通规划从单一道路系统向综合运输体系转型。

在新型城镇化和信息化的双重影响下，

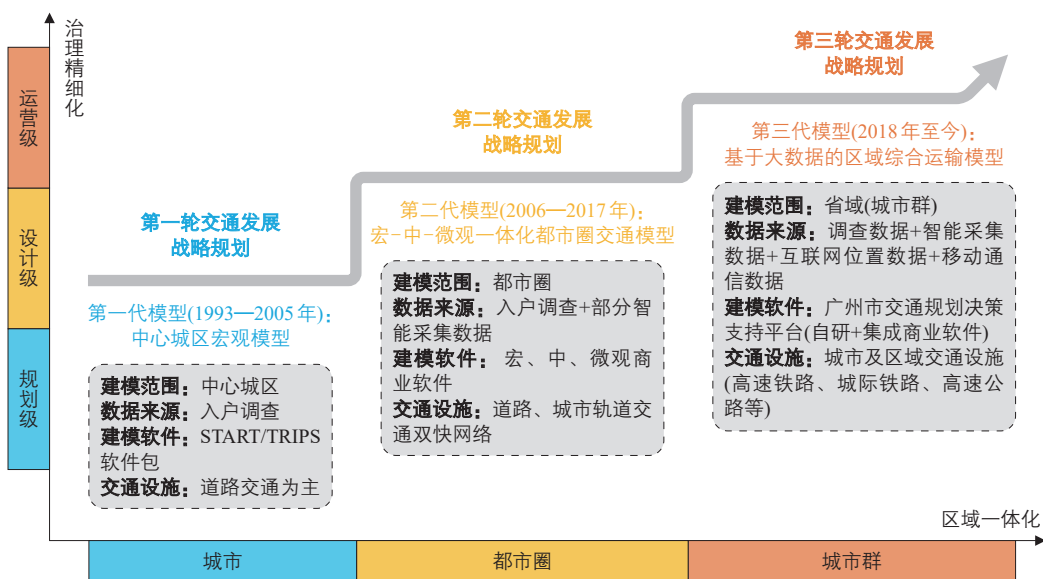


图1 广州市三代交通模型演进历程及特征

Fig.1 Evolution and characteristics of Guangzhou's three generations of transportation models

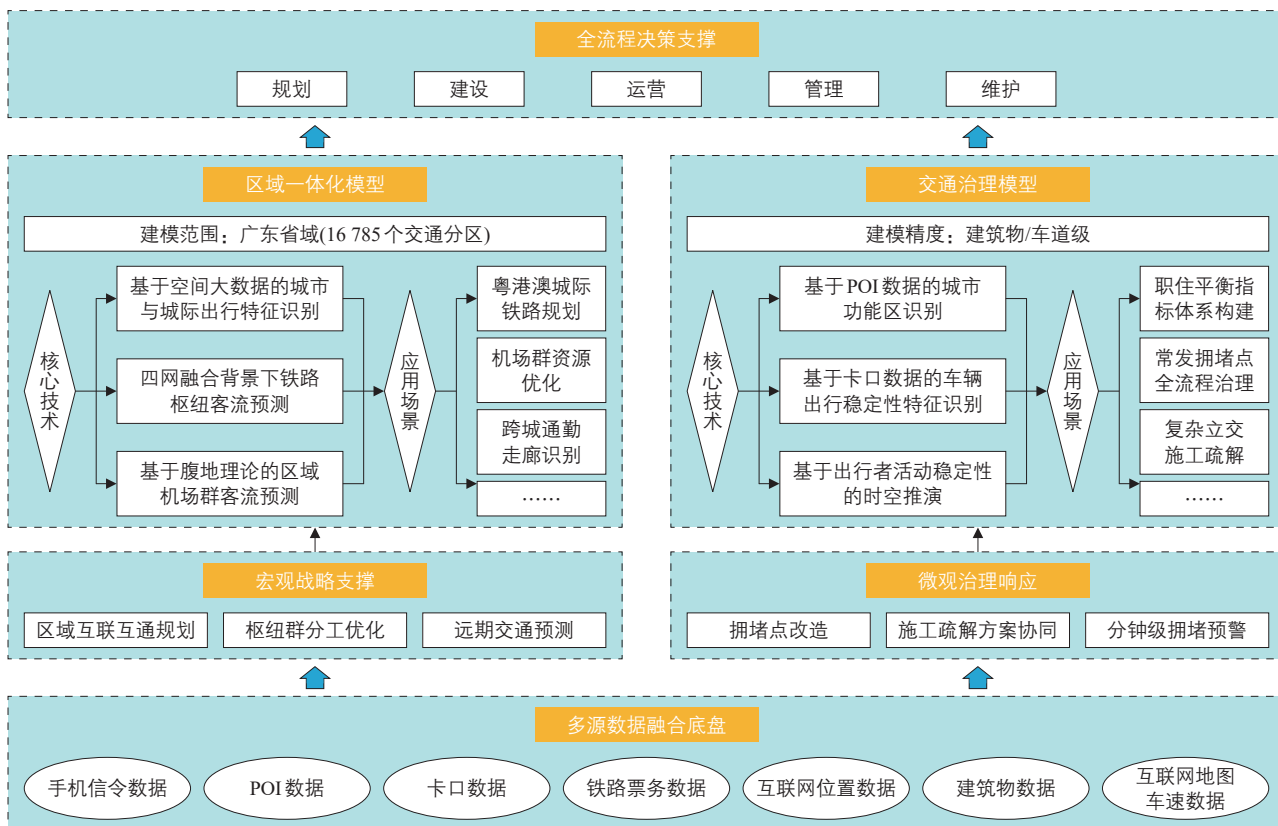


图2 广州市第三代交通模型技术框架

Fig.2 Technical framework of Guangzhou's third-generation transportation model system

广州市着力推进大都市圈建设和数字经济转型。同时，互联网技术的演进驱动交通模型建模方法持续升级，数据获取维度与效率的显著提升也为城市精细化治理决策提供了技术支撑。在此背景下，广州市建立了第三代交通模型体系。本文重点探讨第三代交通模型体系在区域一体化与城市治理双线演进中的一系列关键技术及应用场景。第三代交通模型体系的核心价值在于突破传统模型的时空局限，为新时代交通治理提供定量决策工具，标志着广州市交通模型正式迈入区域协同治理与精细化管理管控的新阶段。

1 广州市第三代交通模型体系概述

依托3次居民出行调查^[1]和3轮城市交通发展战略规划^[2]，广州市实现了三代交通模型的迭代更新，形成了适应不同发展阶段的模型技术体系(见图1)。从第一代到第三代，广州市交通模型在数据源、建模范围、模型功能和应用方面均显著提升，有力支撑了城市交通规划与治理的创新发展。

广州市第三代交通模型体系是在区域协同与城市治理双重视角下构建的多层次、全

周期决策支持系统。该模型体系以多源数据为驱动，突破传统模型的时空局限，形成“区域协调分析”与“城市精细治理”双线协同框架，实现了从宏观战略到微观场景、从规划编制到动态治理的全流程覆盖。

1.1 技术框架

以“数据-模型-应用”三级架构为核心，构建区域一体化与交通治理两大模型子系统，通过数据底盘实现动态交互(见图2)。

1) 双线架构：包括区域一体化模型子系统和交通治理模型子系统。区域一体化模型面向粤港澳大湾区协同发展需求，覆盖广东省域16 785个交通小区，整合公路和铁路网络，聚焦跨城出行规律挖掘与枢纽群分工优化；交通治理模型立足存量资源高效利用，细化至建筑物级人口数据与车道级道路网建模，支撑职住平衡监测、拥堵治理等高频场景。

2) 多源数据融合：融合手机信令数据(覆盖全省超过200万座基站)、建筑数据(233万栋)、卡口数据、互联网位置数据等多源异构数据，构建动态更新的数据底盘，支撑双线模型交互与协同。

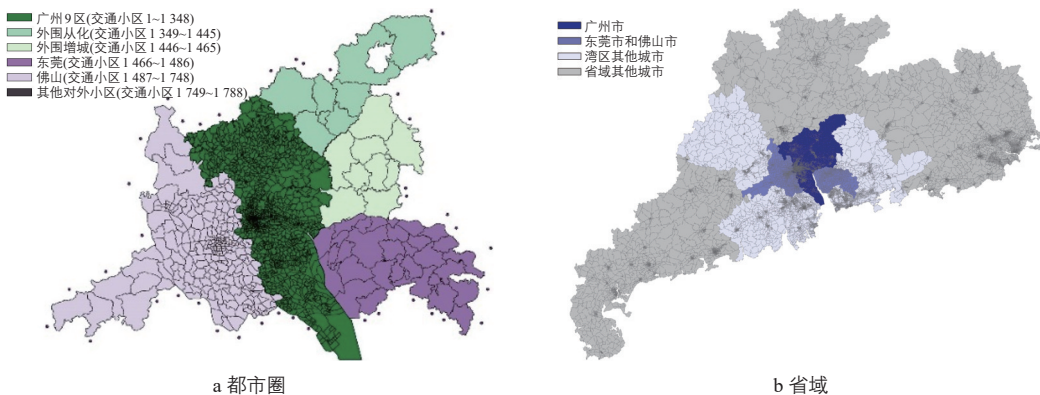


图3 广州市区域一体化模型建模范围及交通小区拓展

Fig.3 Modeling scope and zoning expansion in the regional integration model of Guangzhou

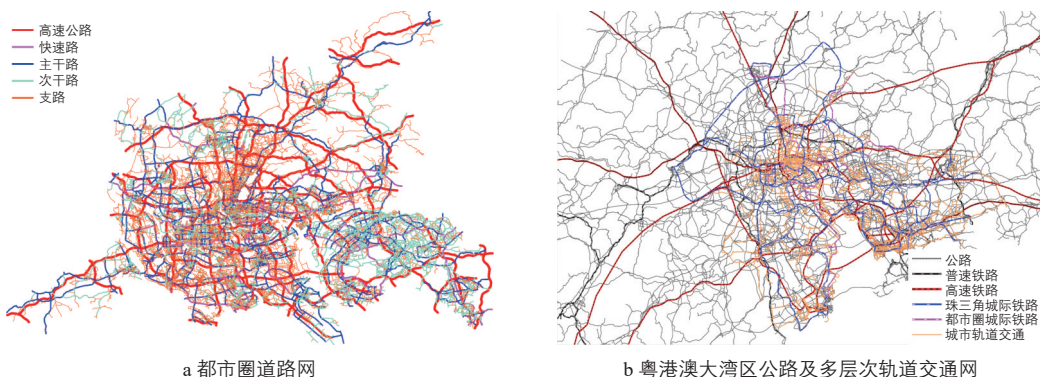


图4 广州市区域一体化模型道路网及铁路网建模

Fig.4 Road and rail network modeling in the regional integration model of Guangzhou

3) 全流程治理支撑：区域一体化模型为交通治理模型提供宏观约束(如对外交通量)，交通治理模型为区域一体化模型反馈微观行为规律(如出行者活动稳定性)，形成自上而下规划与自下而上响应的闭环。

1.2 双线协同

区域一体化模型以支撑基础设施互联互通为核心，构建“空间拓展-网络融合-规律挖掘”三位一体的技术架构。全域空间建模范围从广佛莞都市圈(1 788个交通小区)扩展至广东省域(16 785个交通小区)，分区平均尺度细化至2.66 km²·个⁻¹，实现外围分区

精度与市域对齐。关键技术方面，构建城市引力模型，量化区域经济、人口与交通设施的互动关系，支撑城际出行特征识别与设施供给优化；基于手机信令与铁路票务数据，构建千万级人口跨城OD矩阵，精准识别广佛通勤走廊、湾区城际出行热点等空间特征；整合干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路及城市轨道交通，构建四网融合的交通网络模型，支撑多层次轨道交通资源共享；研发基于腹地理论的枢纽竞合分析方法，划分白云机场、广州南站等枢纽的客流腹地，优化湾区航空与铁路资源配置。

交通治理模型以“精细化数据-动态化

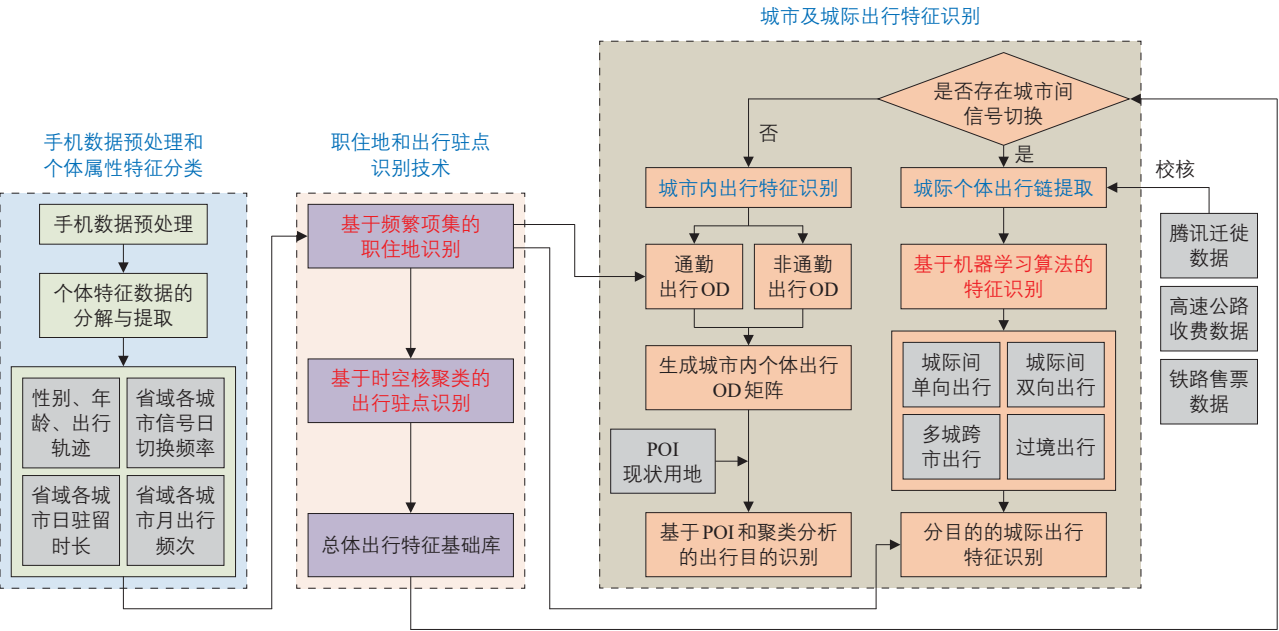


图5 广州市区域一体化模型城市及城际出行特征识别技术流程

Fig.5 Technical workflow for identifying urban and intercity travel patterns in the regional integration model of Guangzhou

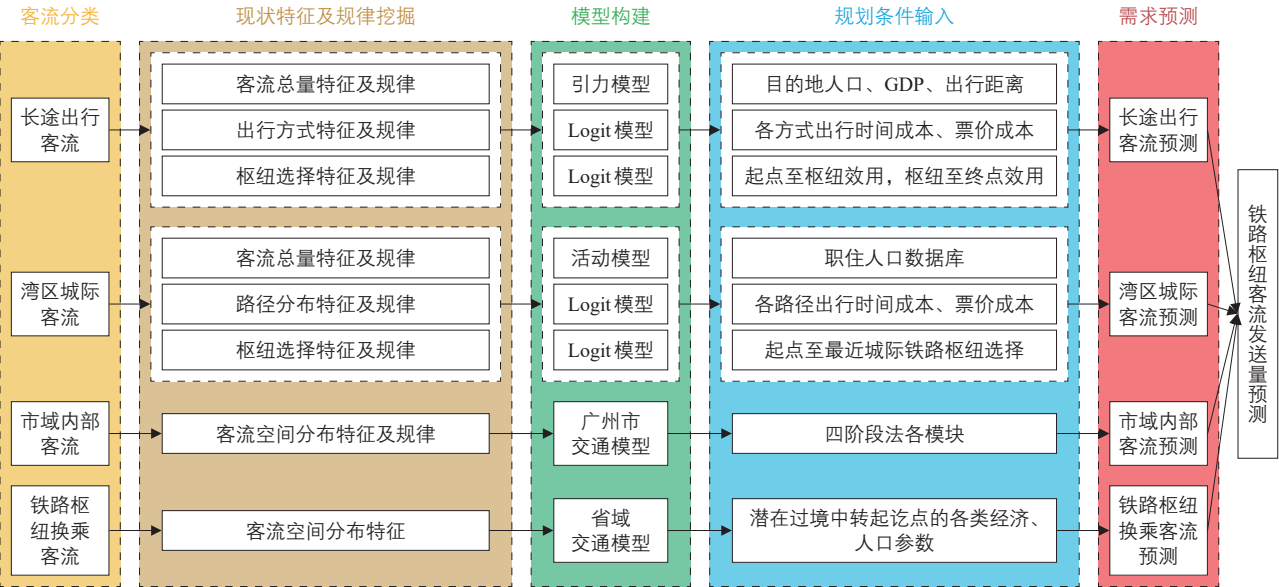


图6 广州市区域一体化模型铁路枢纽客流预测技术流程

Fig.6 Technical workflow for forecasting passenger flow at rail hubs in the regional integration model of Guangzhou

技术-场景化应用”为链条,构建覆盖全生命周期的治理工具,将人口与职住数据颗粒度细化至建筑物层级。关键技术方面,融合兴趣点(Point of Interest, POI)数据识别城市功能区分布(如商务核心区、居住组团);构建双线运营道路网替代传统的单线道路网模型,道路网建模精度达车道级,真实还原交织区、匝道等微观交通行为;结合卡口车牌数据与高德实时车辆行驶速度,实现常发拥

堵点聚类识别与OD溯源分析;构建出行者活动稳定性推演模型,以概率抽样替代传统四阶段法,模拟个体活动时空规律。

2 区域一体化模型

2.1 建模范围及交通小区

区域一体化模型的建模范围由都市圈向省域拓展。为应对粤港澳大湾区一体化发展

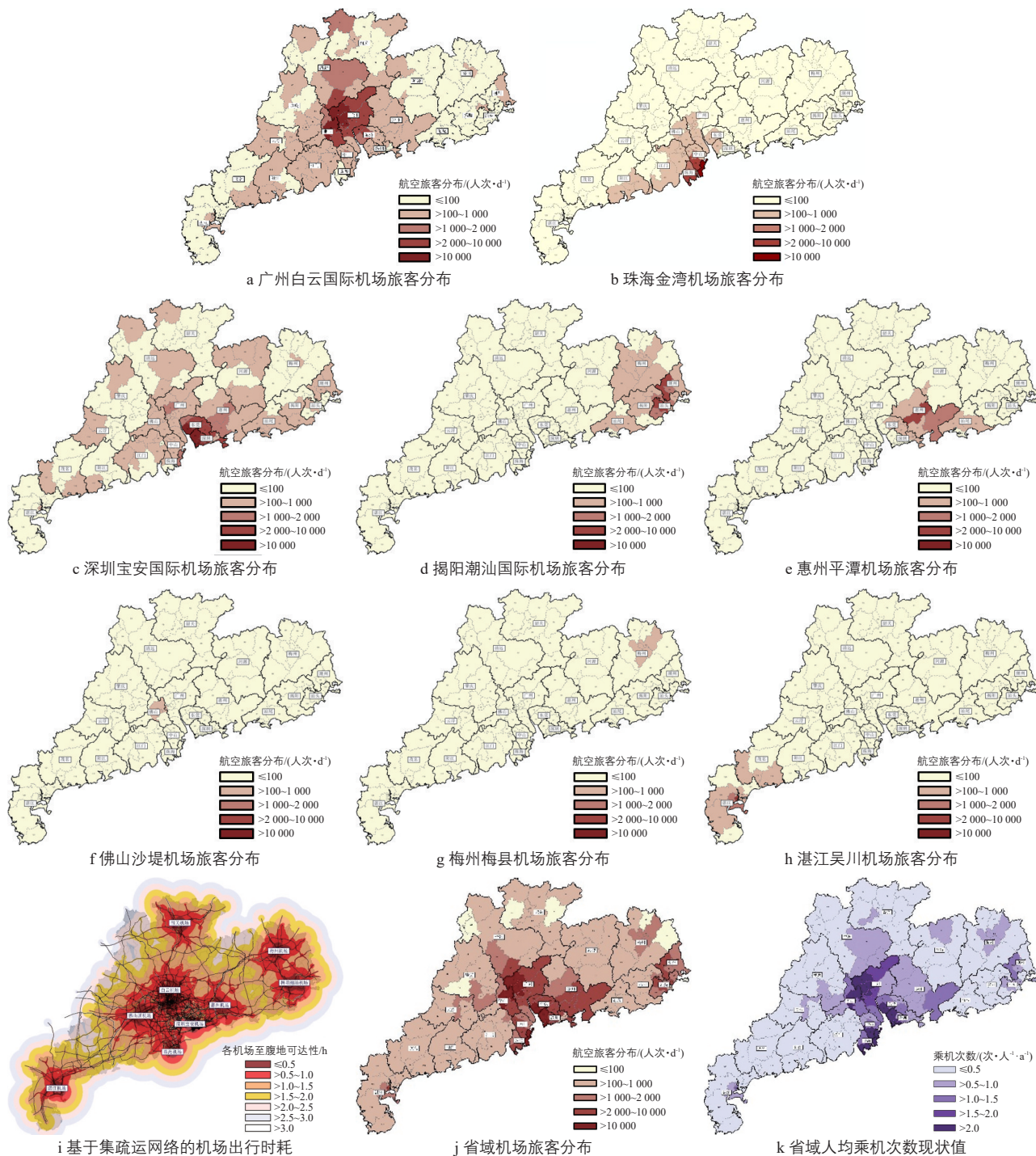


图7 广州市区域一体化模型区域机场群竞合分析示意

Fig.7 Competitive and cooperative across regional airport clusters in the regional integration model of Guangzhou

资料来源:文献[5]。

对交通模型空间分区的要求，区域一体化模型的建模范围由广佛莞都市圈大幅拓展至广东省域，交通小区颗粒度进一步细化，外围交通小区的精细度与市域分区保持一致，模型交通小区数量突破16 000个，交通小区平均尺度由 $7.66\text{ km}^2\cdot\text{个}^{-1}$ 细化至 $2.66\text{ km}^2\cdot\text{个}^{-1}$ (见图3)。

2.2 交通网络建构

随着粤港澳大湾区多层次轨道交通网络的建设，传统区域交通模型主要针对道路交通系统建模，难以适应大湾区轨道交通网络扩展的需求。同时，干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路及城市轨道交通等多种轨道交通制式的发展，进一步增加了交通网络建模的难度。广州市区域一体化模型拓展了交通网络建模范围，建立了涵盖干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路及城市轨道交通的多层次轨道交通网络模型(见图4)。

2.3 模型核心技术

在区域一体化背景下，广州市交通模型新技术研发更加侧重区域“大交通”建模，开展了一系列关键技术研发，包括城际出行特征识别、铁路枢纽群客流分工预测、区域机场群竞合分析等。通过加强区域数据跨界融合，聚焦跨城出行、交通枢纽竞合分析等关键技术的提升和应用，构建了基于大数据识别千万级人口跨市出行规律演变及推演的能力，支撑粤港澳大湾区铁路客站和机场等枢纽群的协同与竞争预测分析。

2.3.1 基于空间大数据的城市及城际出行特征识别

传统居民出行特征分析主要依赖市域居民出行调查数据，难以支撑建模范围向省域层面的拓展。为此，通过整合省域手机信令、互联网位置迁徙、高速公路收费及铁路票务等多源空间大数据，研发了省域出行特征识别技术，系统解析省域范围内的出行模式和特征。该技术包含3个核心部分：手机数据预处理与个体属性特征分类、职住地与出行驻点识别技术^[3]、城市及城际出行特征识别(见图5)。

2.3.2 四网融合背景下铁路枢纽客流预测

传统交通模型在铁路客流预测中存在覆盖范围有限和精度不足的问题：一方面，铁路客流中占比较大的长途客流往往超出模型边界；另一方面，在四网融合背景下，铁路

客流构成更加复杂，除传统长途客流外，还需承担城市群枢纽共享客流、都市圈客流及部分城市内部客流。为应对区域一体化与轨道交通四网融合的发展趋势，广州市交通模型重点升级了铁路枢纽群功能分工及客流预测模型^[4]。

基于轨道交通四网融合的发展要求，广州市区域一体化模型结合不同空间尺度和功能需求(市域、大湾区、省域及铁路枢纽换乘)，将铁路客流划分为4类：长途出行客流、湾区城际客流、市域内部客流和铁路枢纽换乘客流。模型采用两段式选择方法，完整模拟从交通小区至铁路枢纽、再由枢纽至对外出行省份的全链条出行过程，并融合铁路票务数据和手机信令枢纽溯源数据进行模型标定。最终通过分类客流预测，得出各铁

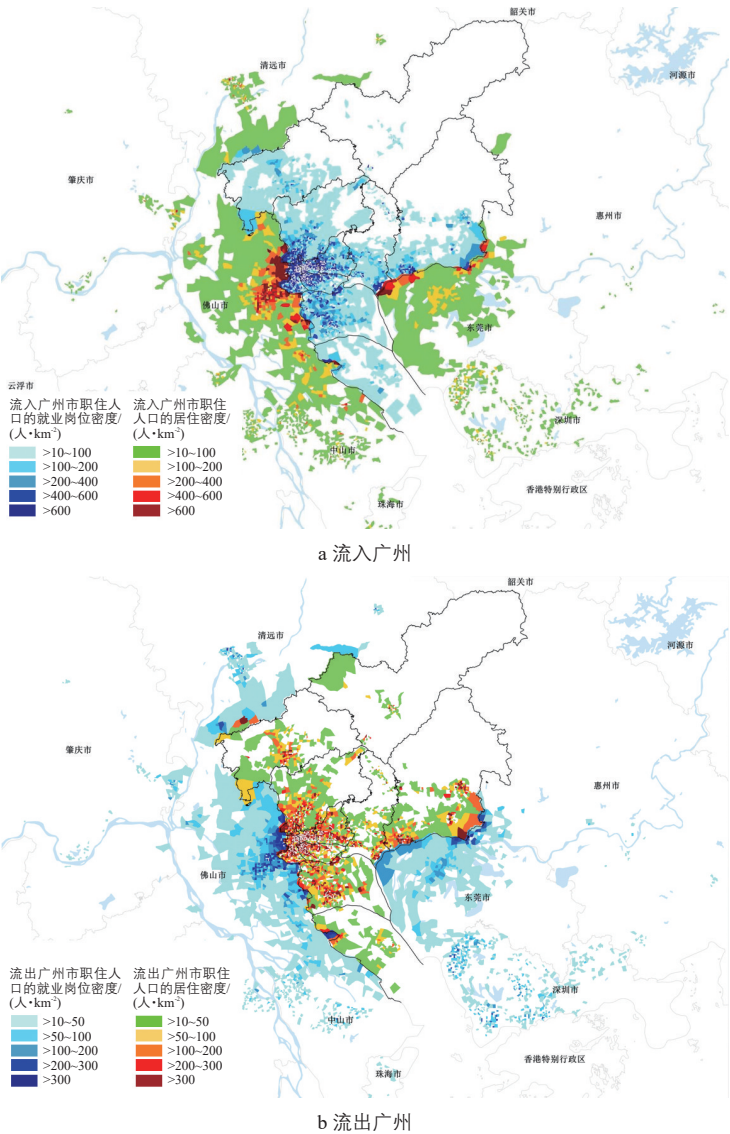


图8 广州市区域一体化模型跨城双向通勤客流职住空间分布
Fig.8 Job-housing spatial distribution of bi-directional intercity commuter flows in the regional integration model of Guangzhou

路枢纽的客流发送量分担比例,为规划铁路枢纽群的功能分工提供科学支撑(见图6)。

2.3.3 基于腹地理论的区域机场群客流预测

传统机场客流预测方法主要依赖历史数据,采用时间序列、回归分析等模型,存在两方面局限性:一是对区域客流腹地因素考虑不足,二是难以在多个机场竞争的情况下,从区域一体化视角系统评估机场群的竞合关系。为此,引入腹地理论方法,基于机场集疏运系统的出行可达性(以出行时耗为指标),划分机场腹地范围并构建机场群竞合关系模型(见图7)^[6]。该方法首先预测区域人均乘机次数以确定航空总需求,然后将乘机规模分配至各机场,再结合各机场的功能定位进行因子修正,最终得出各机场旅客吞吐量预测结果。

2.4 应用场景

2.4.1 支撑与周边城市高水平互联互通

基于省域交通模型以及城市与城际出行特征的精细化识别,采用“中心-边缘”分析框架对广州市与周边城市的空间联系特征进行分类。通过分析广州市与周边城市间双向通勤客流的规模及空间分布特征(见图8),进一步细分城际出行需求。依据供需匹配原则,优化广州市与周边城市间各等级道路和制式轨道交通的设施供给,科学规划

交通设施布局,支撑广州市与周边城市实现高水平互联互通^[6]。

2.4.2 支撑铁路枢纽群分工优化及整合提升

传统城市交通规划在对外枢纽方面主要侧重于衔接干线铁路网相关规划和完善集疏运系统,但对超大城市铁路枢纽群(数量超过10个)的分工优化与运输资源共享缺乏有效的技术支撑。在四网融合背景下,基于铁路枢纽客流预测技术提升,广州市利用区域一体化模型开展枢纽群客流预测,遵循枢纽群均衡发展和通道资源共享原则开展铁路枢纽群分工优化研究,结合重点枢纽新建/改扩建工程,提出枢纽联络线建设方案,强化枢纽间互联互通与资源整合。

3 交通治理模型

3.1 人口数据颗粒度

广州市交通治理模型的人口数据颗粒度从交通小区层级细化至建筑物层级。人口就业数据通常可通过历年统计公报获取,其颗粒度一般为行政区划级别,而交通小区级别的人口数据需通过多种技术手段进行拆分。在大数据时代,常规做法是基于手机信令基站进行用户归属地分析,但基站划分方法存在固有局限:广州市基站的覆盖半径不均,中心区基站覆盖半径约500 m,外围区域则达

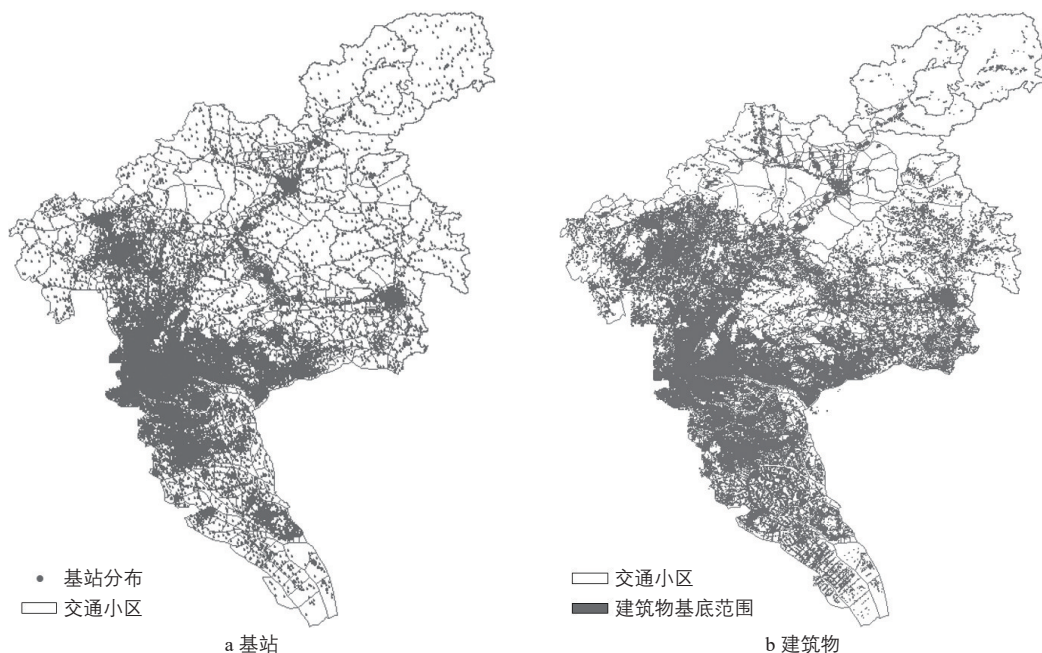


图9 广州市交通治理模型基于手机数据的基站及建筑物分布

Fig.9 Distribution of base stations and buildings based on mobile data in the transportation governance model of Guangzhou

1~2 km。这种覆盖差异导致基于基站的人口数据分布存在空间维度越小、精度越低的问题。为弥补这一不足，模型融合手机信令数据与建筑物数据(约233万栋)，整合建筑物边界、用地面积、层数等信息，通过建筑面积分配法实现人口数据的精细化分布(见图9)。

3.2 交通网络建构

传统交通规划模型的精细化程度难以满足城市治理决策分析需求，例如，地块开口位置、进出车流方向等关键信息必须依赖精细化建模。在构建运营级模型过程中，基于车城网等多源数据实现人、车、地的多尺度感知，搭建治理模型数据底盘，强化数据驱动能力。相较于规划级模型，运营级模型在交通小区进出组织建模方面具有两大优势：一是交通小区由街区级细化至地块级；二是道路网建模更加精细。交通规划模型侧重供需匹配分析，关注道路网结构的连通性，而交通治理模型需要结合实际运行状况，其道路网更贴近真实交通运行状态，特别是在路段交织、合流及分流等细节的建模上更为精确。在道路网层面，通过建立双线运营道路网替代传统单线道路网模型，可构建更符合实际运行状态的模型道路网(见图10)。

3.3 模型核心技术

3.3.1 基于POI数据的城市功能区识别

识别城市不同功能区的空间分布对挖掘出行者活动稳定性规律具有重要意义。广州市交通治理模型结合建筑物级细颗粒度人口数据与不同属性POI数据，通过对离散点数据进行格网化处理，采用核密度估计法识别城市尺度下的功能区集聚区域^[7]。模型识别的POI数据包括医院、学校、餐饮场所、酒店、商场超市、商务办公楼、交通枢纽、公园绿地、加油站、金融机构、休闲娱乐设施及政府机构等城市公共服务设施，可有效反映区域公共服务设施分布密度，并间接体现区域发展成熟度(见图11)。

3.3.2 基于卡口数据的车辆出行稳定性特征识别

掌握车辆出行信息，深入分析车辆出行特征与规律，可为城市交通治理提供决策支持。广州市交通治理模型基于卡口数据的车辆出行稳定性特征分析流程见图12。

第一步，对预处理后的卡口车牌数据进行去重和纠错，生成有效卡口数据；

第二步，根据车辆被检测的天数及每日运行时长进行车辆分类，生成具有不同聚类特征的车辆数据，并提取各类特征车辆的个体出行信息；

第三步，基于车辆个体出行信息，从个体层面分析不同特征车辆的出行规律及属地特征。

3.3.3 基于出行者活动稳定性的时空推演

传统四阶段法模型将出行目的细化为6类(基于家工作、基于家上学、基于家生活、基于家其他、非基于家工作和非基于家其他)，其建模逻辑强调出行目的与出行起讫点的稳定性，而另一端则依赖约束条件下的最优化求解。这种每次迭代都重新“洗牌”的机制，既缺乏对出行者活动稳定性的考量，又增加了计算负担并可能降低模型拟合精度。

因此，基于出行者活动稳定性的时空推演进行模型优化，重点利用住所、工作地、学校及日常生活驻点的时空稳定性，充分反映个体日常出行活动的规律性，而非传统的最优化求解方法。这一改进更符合居民出行实际特征，其算法采用活动稳定性统计规律替代数学优化求解，技术流程见图13。

3.4 应用场景

3.4.1 建立职住平衡监测指标体系

在城市更新背景下，超大城市非核心功能疏解为改善职住平衡提供了重要契机，其关键在于准确识别城市更新前后人口与出行特征的演变规律，并系统构建职住平衡监测指标体系。广州市交通治理模型基于出行者活动稳定性的时空推演规律分析，精准追踪不同人群的出行特征及变化趋势，从政策制定、社会参与和行业发展等多维度梳理多元诉求。该模型以指标可测、可管、可控为目

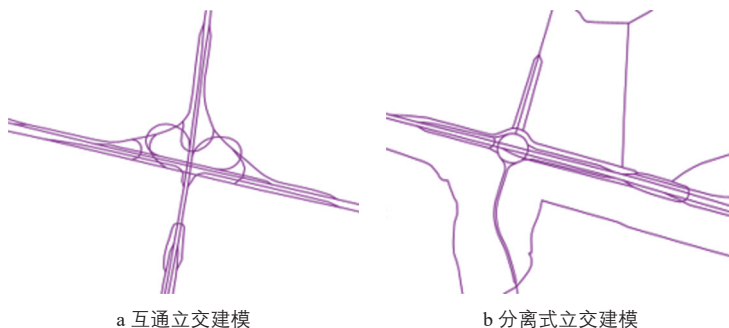


图10 广州市交通治理模型道路网精细化构建

Fig.10 Refined road network construction in the transportation governance model of Guangzhou

标，构建了涵盖宏观、中观、微观3个层次，包含多维度、多核心指标的职住平衡监测指标体系(见图14)，为广州市城市更新背景下的交通与土地利用规划编制提供科学指导。

3.4.2 拥堵点识别—改善—后评估治理

广州市交通治理模型实现了从拥堵点识别、改善到后评估的全流程治理闭环，显著拓展了交通治理模型的应用维度。在识别阶段，基于卡口车牌识别技术获取车辆动静态

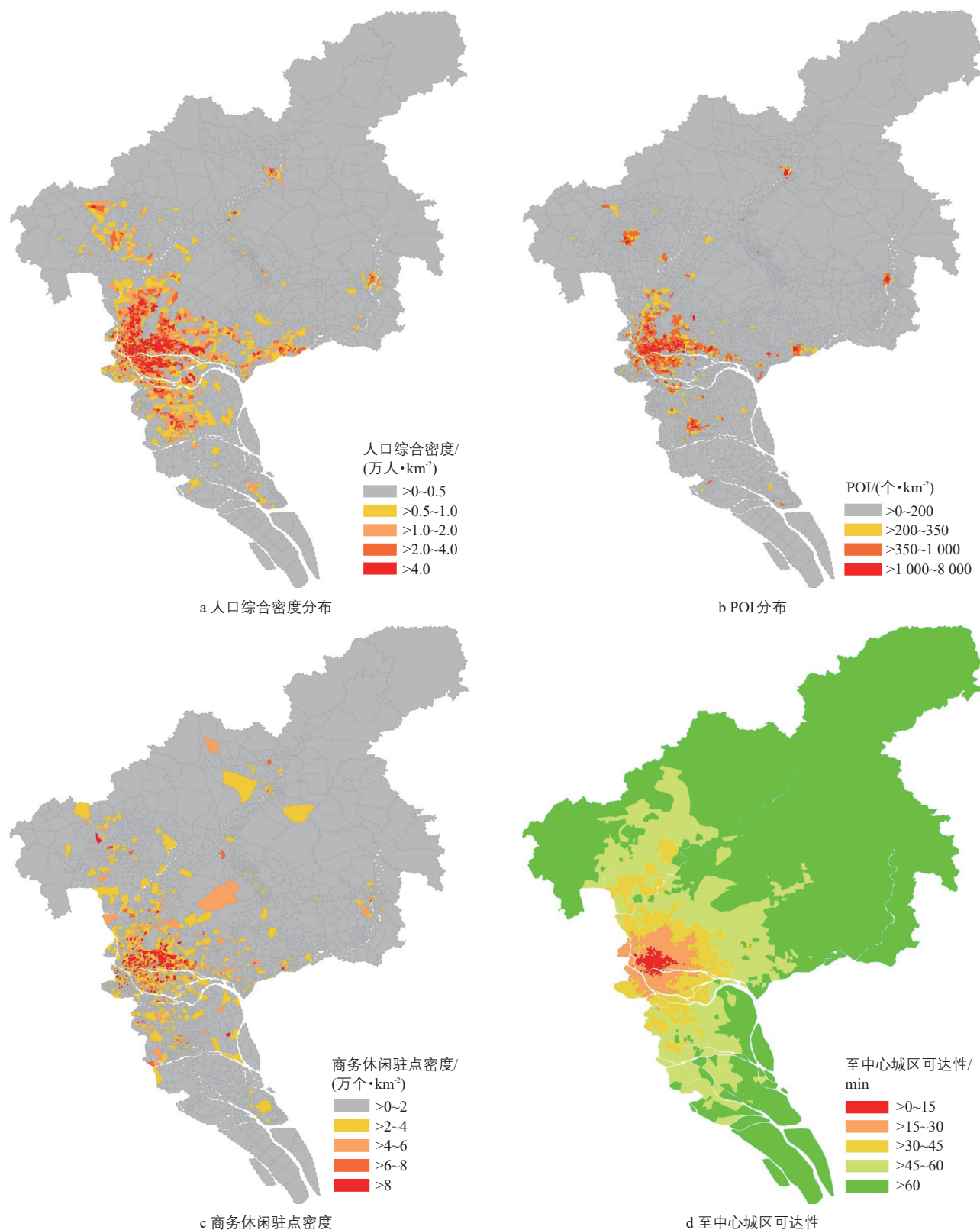


图11 广州市交通治理模型基于手机数据和POI数据的城市功能区识别

Fig.11 Identification of urban functional zones based on mobile and POI data in the transportation governance model of Guangzhou

出行特征，结合高频长期互联网地图车速数据及拥堵指数数据，实现常发拥堵点的聚类分析、类型识别与精准定位(见图 15)。在改善阶段，通过车辆 OD 溯源技术区分过境交

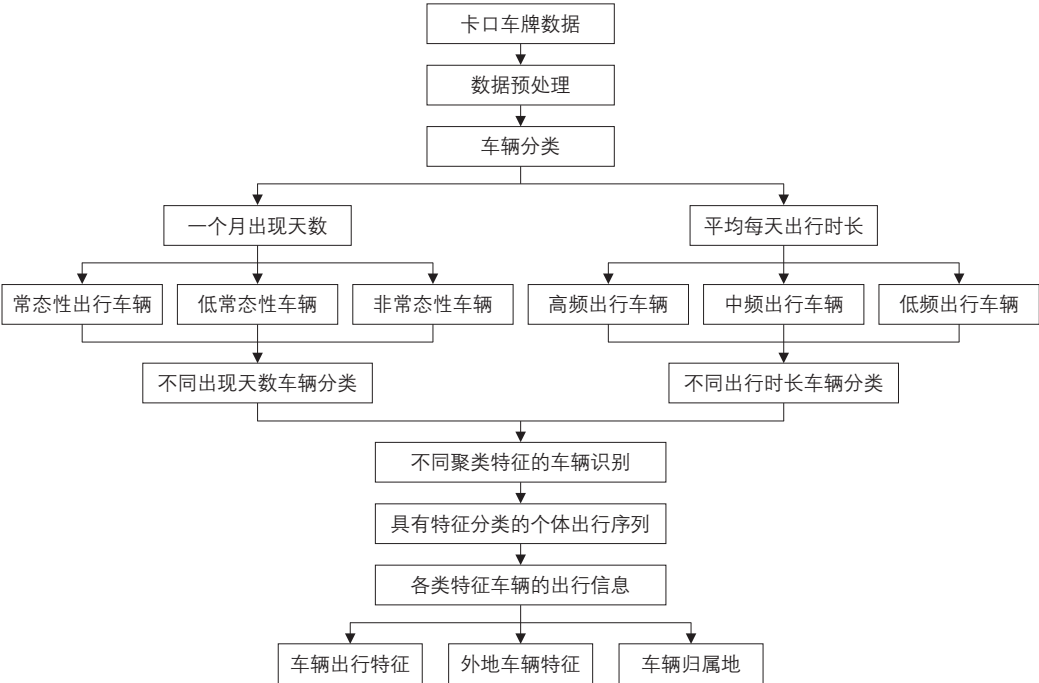


图 12 广州市交通治理模型基于卡口数据的车辆出行稳定性特征分析流程
Fig.12 Workflow for analyzing vehicle travel stability characteristics based on checkpoint data in the transportation governance model of Guangzhou

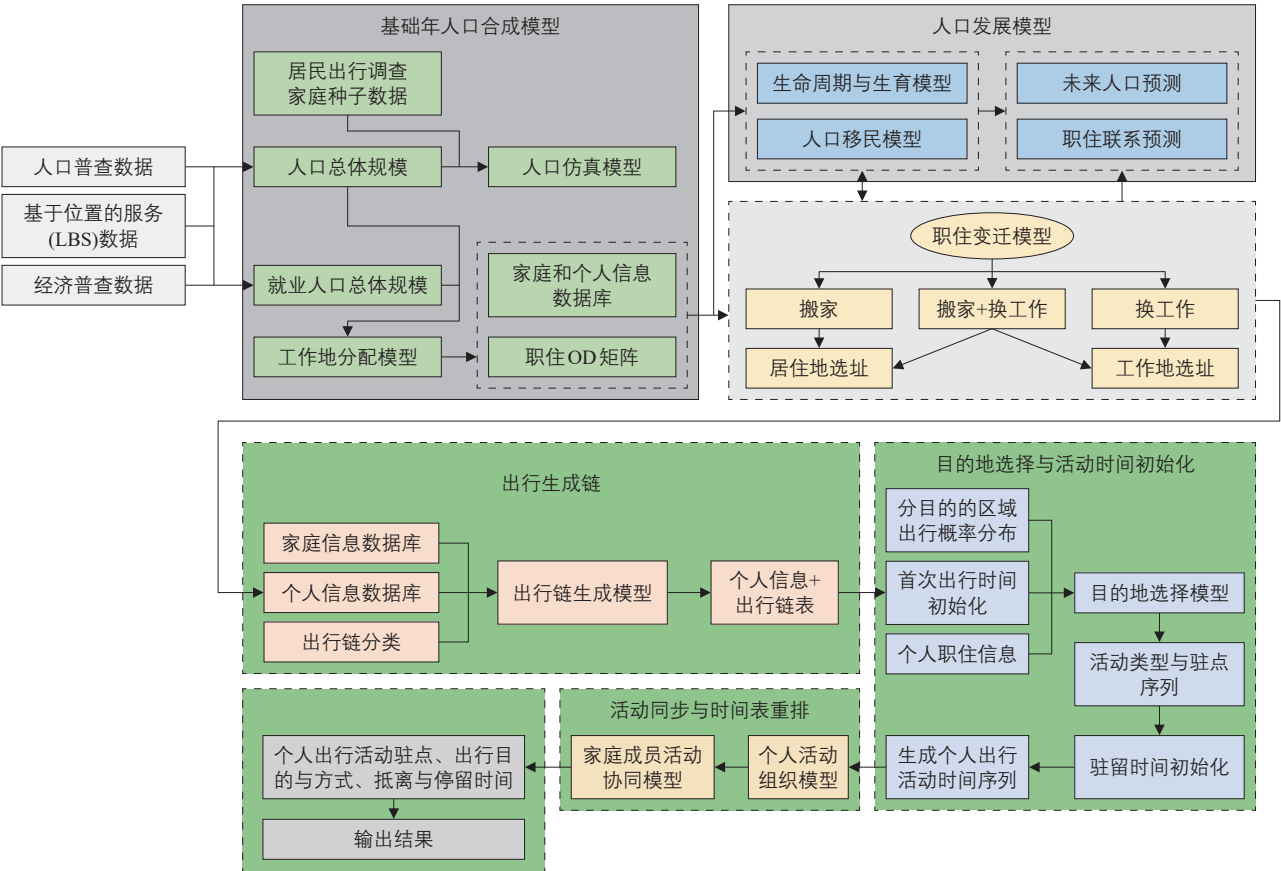


图 13 广州市交通治理模型基于出行者活动稳定性的时空推演技术流程
Fig.13 Technical workflow for spatiotemporal simulation based on travelers' behavioral stability in the transportation governance model of Guangzhou

资料来源：文献[8]。

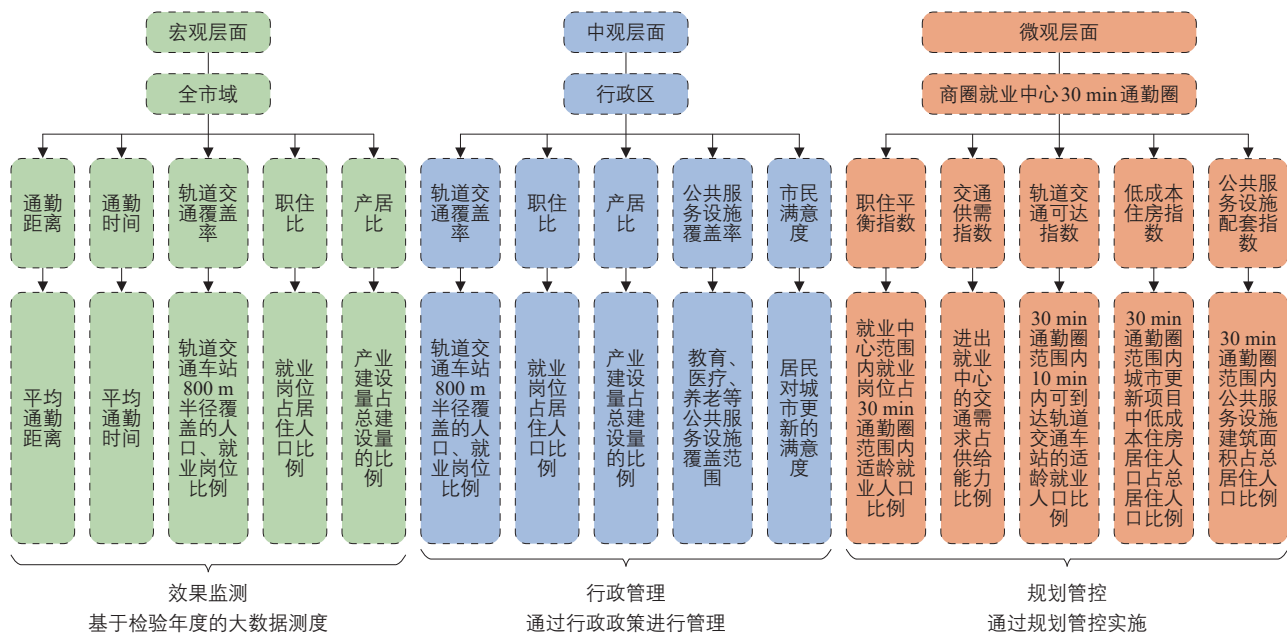


图14 广州市职住平衡监测指标体系

Fig.14 Indicator system for monitoring job-housing balance in Guangzhou

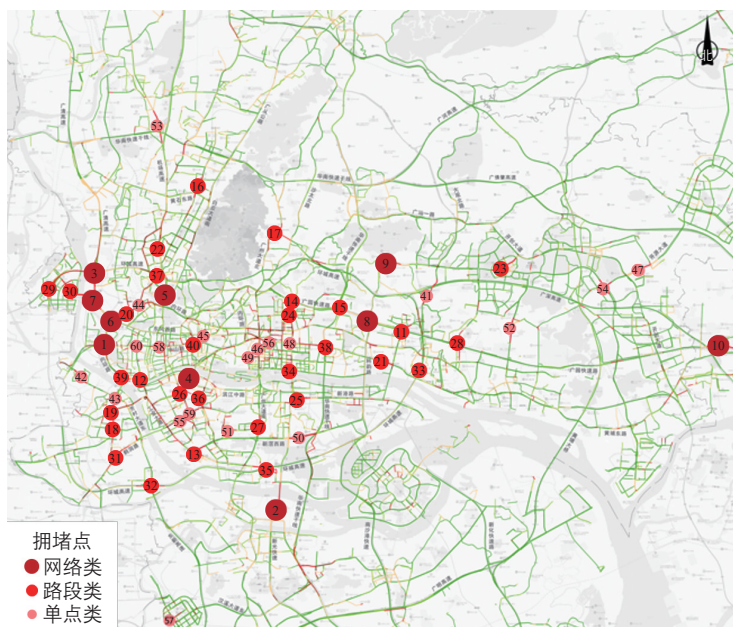


图15 广州市常发拥堵点分布

Fig.15 Distribution of chronic congestion hotspots in Guangzhou

通与地区集散交通，制定远端分流与近端疏解等差异化治理措施。在后评估阶段，实施治理效果后评估，系统分析各项治理措施的实施成效。

3.4.3 复杂立交节点施工交通疏解全流程治理

随着城市进入存量规划阶段，交通资源日趋紧张，施工占道对交通运行的影响日益凸显。广州市交通治理模型通过提升数据颗粒度和细化交通网络，结合出行者活动稳定性规律分析，有效支撑施工交通疏解研究，

实现规划—设计—施工全流程治理闭环(见图16)。以复杂立交节点施工交通疏解为例：

1) 规划阶段：基于宏观交通模型预测立交节点转向需求，结合资金、用地及工程可行性等资源约束条件，通过量化分析比选，为设计方案提供决策依据。

2) 设计阶段：运用交通治理模型，整合立交节点上下游交通运行和组织特征，从整体评价指标和局部关键路段评价两个维度，支撑车道级精细化设计方案制定。

3) 施工阶段：结合交通治理模型和微观仿真技术，溯源分析施工围蔽影响的多层次交通流，评估各施工阶段影响程度，并提出动态优化建议。

4 结束语

本文系统阐述了区域一体化和城市治理双重视角下广州市第三代交通模型体系的关键技术与应用场景。该模型体系在区域一体化方向聚焦区域出行规律挖掘，在城市治理方向突出出行者活动稳定性规律识别，不仅在理论层面具有创新性，更在实践中展现出显著的应用成效。

面向未来发展，广州市交通模型体系将结合新技术与应用场景演进，重点推进以下方向：1)人工智能技术深度应用。研发基于深度学习的交通行为预测与动态仿真技术，增强模型对政策干预和治理措施的评估能力。2)多源数据融合创新。整合车城网、城

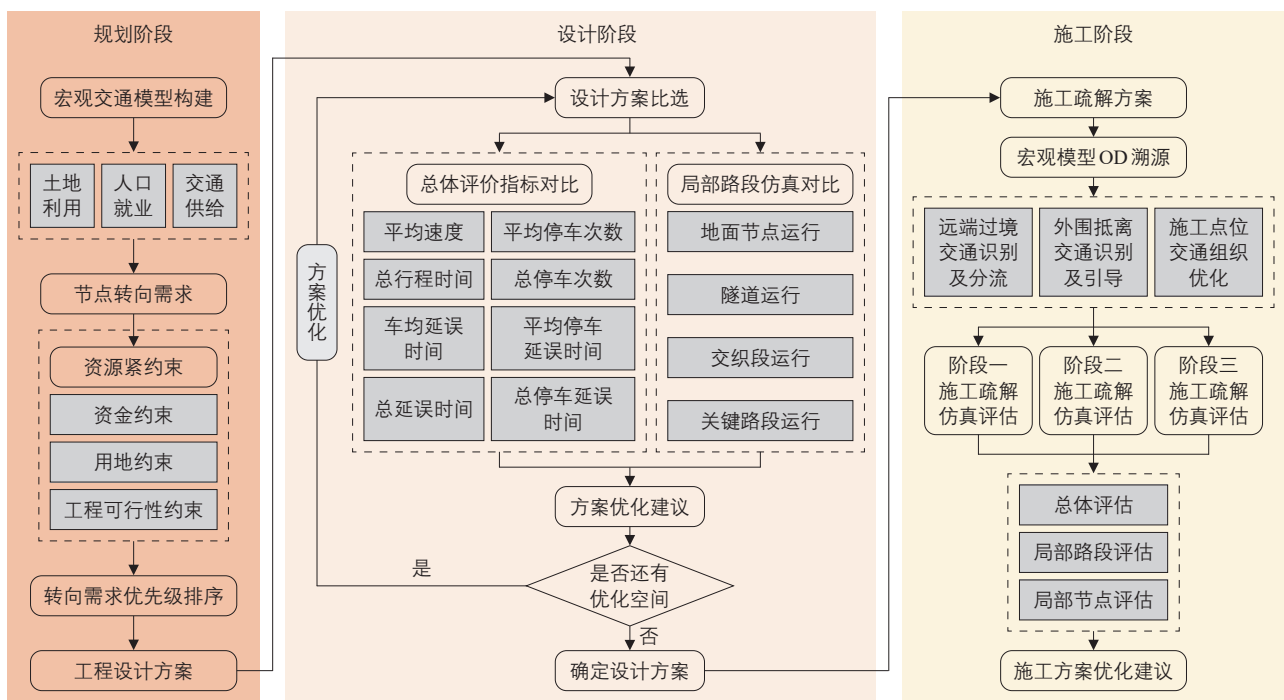


图 16 广州市交通治理模型复杂立交节点施工交通疏解治理全流程

Fig.16 Complete workflow for traffic diversion management of complex interchange construction in the transportation governance model of Guangzhou

市交通大脑等实时感知数据，优化建模方法学，提升模型动态响应能力。3)跨学科方法拓展。引入社会网络分析与空间计量学方法，构建交通-经济-环境复杂系统的耦合建模框架。

参考文献:

References:

- [1] 陈小鸿, 陈先龙, 李彩霞, 等. 基于手机信令数据的居民出行调查扩样模型[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2021, 49(1): 86-96.
CHEN X H, CHEN X L, LI C X, et al. Sample expansion model of household travel survey using cellphone data[J]. Journal of Tongji University (natural science), 2021, 49(1): 86-96.
- [2] 景国胜, 马小毅, 张海霞, 等. 广州市交通发展战略规划[R]. 广州: 广州市交通规划研究院, 2019.
- [3] 景国胜, 马小毅, 李彩霞, 等. 一种基于职住对应关系和时空核聚类的驻点判断方法: CN108650632B[P]. 2020-05-26.
- [4] 刘新杰, 陈先龙, 刘明敏, 等. 多网融合背景下轨道交通一体化客运模型关键技术[J]. 城市交通, 2024, 22(4): 58-67.
LIU X J, CHEN X L, LIU M M, et al. Key technologies for integrated passenger transportation model in rail transit under the multi-net-

work integration[J]. Urban transport of China, 2024, 22(4): 58-67.

- [5] 丁晨滋, 宋程, 陈先龙. 基于腹地理论的机场群旅客吞吐量预测[J]. 城市交通, 2022, 20(3): 111-118.
DING C Z, SONG C, CHEN X L. Hinterland theory-based forecasting of passenger throughput in airport groups[J]. Urban transport of China, 2022, 20(3): 111-118.
- [6] 景国胜, 赵亚玲, 徐士伟, 等. 广州市交通发展年度报告(2024)[R]. 广州: 广州市交通规划研究院有限公司, 2025.
- [7] 宋程, 陈嘉超, 李彩霞, 等. 基于大数据的城市活力区和中心城区边界识别: 以广州市为例[J]. 城市交通, 2020, 18(4): 71-78.
SONG C, CHEN J C, LI C X, et al. Urban vitality zone and central district identification based on big data: a case study in Guangzhou City[J]. Urban transport of China, 2020, 18(4): 71-78.
- [8] 陈先龙, 张华, 陈小鸿, 等. 基于时空推演的城市活动模型研究[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 60-68.
CHEN X L, ZHANG H, CHEN X H, et al. Urban activity models based on spatiotemporal inference[J]. Urban transport of China, 2023, 21(1): 60-68.