文章编号：1003-1421(2025)12-0193-08
引用格式：孙鹏，马晓茜，李海波，等. 基于大数据的城市群综合运输通道规划边界探讨[J]. 铁道运输与经济，2025，47(12)：193-200.
SUN Peng，MA Xiaoqian，LI Haibo，et al. Discussion on Planning Boundaries of Comprehensive Transportation Corridors in Urban Agglomerations Based on Big Data[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(12)：193-200.

基于大数据的城市群综合运输通道规划边界探讨

孙　鹏[1,2]，马晓茜[1,2]，李海波[3]，刘展铄[1,2]，陈　璟[1,2]，白珂炎[1,2]

(1.交通运输部规划研究院 综合运输研究所，北京　100028；2.交通运输部规划研究院 综合交通规划数字化实验室，北京　100028；3.中国人民解放军32751部队，北京　100070)

摘　要：为科学有效地识别城市群综合运输通道的边界，提高城市群轨道规划的精度和效率，在总结既有综合运输通道边界问题研究和规划实践的基础上，提出了基于大数据技术的城市群综合运输通道边界识别方法。借助交通行业统计、手机信令等多源大数据手段，通过线路断面交通溯源、出行目的识别等技术，建立了通道内线路与服务的空间出行之间的关系、线路与通勤功能之间的关系等通道功能测度指标和计算方法，通过同类型功能空间整合，确定城际通道宽度和都市圈通道长度，并以穗莞深通道为例，对相关技术方法进行了验证与应用。新方法可以实现基于典型功能的通道尺寸计算和边界识别，能够为城市群综合运输通道内轨道交通等设施规划提供参考。

关键词：城市群通道；通道边界；大数据；断面交通溯源；指标测度
中图分类号：U113；U125　　**文献标识码：**A　　**DOI：**10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20230620001

Discussion on Planning Boundaries of Comprehensive Transportation Corridors in Urban Agglomerations Based on Big Data

SUN Peng[1,2]，MA Xiaoqian[1,2]，LI Haibo[3]，LIU Zhanshuo[1,2]，CHEN Jing[1,2]，BAI Keyan[1,2]

(1. Department of Comprehensive Transport, Transport Planning and Research Institute Ministry of Transport, Beijing 100028, China; 2. Laboratory for Traffic Transport Planning Digitalization, Transport Planning and Research Institute Ministry of Transport, Beijing 100028, China; 3. NO.32751 of People's Liberation Army of China, Beijing 100070, China)

Abstract: To scientifically and effectively identify the boundaries of comprehensive transportation corridors in urban agglomerations and improve the precision and efficiency of rail transit planning in urban agglomerations, this study proposed a novel boundary identification method for such corridors based on big data technology by drawing on existing research and planning practices regarding corridor boundary delineation. The study developed a set of functional measurement indicators and computational approaches by leveraging multi-source big data, including transportation industry statistics and mobile phone signaling data. Integrating techniques such as traffic origin-traceability along route sections and travel purpose identification, these approaches established the relationships between routes and spatial travel services within the corridor, as well as between routes and commuter functions. Through spatial integration of homogeneous functions, the width of intercity corridors and the length of metropolitan-area corridors were determined. Taking the

收稿日期：2023-06-20
通信作者：陈璟(1975—)，女，新疆玛纳斯人，交通运输部规划研究院综合运输研究院正高级工程师。
基金项目：国家社会科学基金重大项目(20ZDA086)；交通运输部交通运输战略规划政策项目(2022-2-22)

Guangzhou-Dongguan-Shenzhen Corridor as a case study, the proposed technical framework was validated and applied. This new method enabled the calculation of corridor dimensions and boundary identification based on typical functions, providing a valuable reference for the planning of rail transit and other infrastructure within comprehensive transportation corridors in urban agglomerations.

Keywords: Urban Agglomeration Corridor; Corridor Boundary; Big Data; Traffic Origin-Traceability along Route Sections; Indicator Measurement

2022年4月中央财经委员会第十一次会议指出“加快建设国家综合立体交通网主骨架”“推进城市群交通一体化，建设便捷高效的城际铁路网，发展市域（郊）铁路和城市轨道交通”。城市群地区综合运输通道是国家综合立体交通网主骨架的重要构成，是干线铁路、城际铁路、市域（郊）铁路和城市轨道交通规划建设和资源有效统筹的空间载体。城市群综合运输通道承担的客货运输需求多样而集中，与沿线人口、产业和国土空间要素互动紧密，通道内轨道交通资源配置、选型、布局等规划研究问题复杂。在城市群地区综合运输通道规划或通道内轨道交通项目论证的初期，准确划定通道边界和范围有助于明确规划对象和竞合对象、聚焦研究范围、提高城市群通道规划的研究效率，是城市群重点廊道多层级轨道交通规划等研究的重要前置内容。近年来，随着大数据技术的发展，多源交通数据获取成本逐步降低，数据覆盖尺度和维度不断深化，为通道边界识别问题的技术优化提供了条件。

1　通道边界识别的理论探索与应用实践

1.1　城市群综合运输通道和边界问题的提出

从轨道交通规划的诉求看，城市群综合运输通道的边界问题主要包括2个方面：一是与通道方向一致的纵向边界的划定问题，即解决通道的纵向长度问题，是解决城际铁路、市域(郊)铁路以及城市轨道交通市郊线合理长度问题的基础；二是与通道方向垂直的横向边界的划定问题，即解决通道的横向宽度问题，是解决通道内不同方式间、不同线路间竞争对象的识别、通道内结构优化和布局优化的基础。城市群地区典型通道边界示意图如图1所示。一般来说，在国家通道等宏观视角下，线性交通运输系统的特征更加显著；在城市群、都市圈等中观视角下，轨道交通设施配置考虑的要素更复杂，其带状/面状复合系统(或空间)的特征更突出。

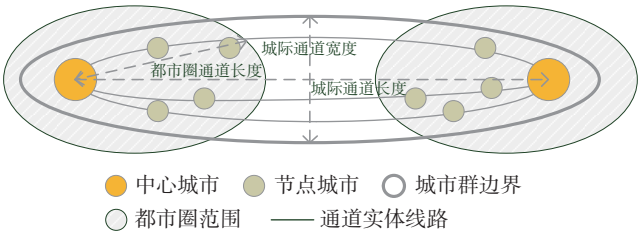

图1　城市群地区典型通道边界示意图

Fig.1　Typical corridor boundaries in an urban agglomeration area

1.2　通道边界识别的现状方法

目前国内外对于综合运输通道的边界问题关注较少，大多作为综合运输通道理论研究和工程实践的配套内容[1-4]，李德刚[5]指出通道系统的边界是指通道所承担的客货流产生和消失的地区；张铱莹[6]指出综合运输通道边界是按照其物质流、信息流以及客流的辐射与吸引范围来确定的，基于场论以运输通道场发挥作用的界限为标准，提出了通道范围划定标准；闫卫阳等[7]、付凯等[8]基于断裂点理论对城市经济活动的影响范围进行研究，为城市对外轨道交通通道边界的划定提供了可参考研究路径；李伟等[9]通过对国家铁路、公路网客货流密度的测算，验证了国家层面综合交通网络满足帕累托法则，并在此基础上提出了通过提取网络关键少数划分综合运输通道边界的技术路线；贺晓琴等[10]在规划和工程实践层面提出了综合运输通道配置的线路宽度标准和用地节约模式，基于既有设计规范，提出了不同模式下公铁共用通道的宽度指标；吴颖[11]尝试建立综合运输通道定量识别的理论模型，主要利用基础设施网络、城市GDP和人口等数据，计算运输成本最低路径确定通道的长度和宽度。总体来看，目前关于通道边界问题的研究主要集中在理论模型构建上或者工程标准层面，部分量化研究的模型构建偏复杂，受数据可获取条件的影响，标定和计算困难，在实际规划应用中并不常见。

1.3　综合运输通道边界识别的规划实践

目前综合运输通道规划对于边界的识别方法多

样，主要包括行政区划法、影响区法、通道关键线路识别+影响区法等。其中行政区划法主要将研究对象线路或通道沿线的行政区作为通道范围，影响区法则基于可达性等指标考虑研究对象的交通影响空间范围。

1.3.1　关键线路提取分析

通过关键少数线路提取算法选择通道内中发挥主要作用的关键少数线路集，通过空间聚类、功能补全等手段，形成通道的物理实体。此类方法基于通道的高运量特征提取空间信息，信息需求少、计算简便，能快速建立起城市群、都市圈通道的主要空间结构和走向，但提取的信息以线路为主，一般需要配合影响区计算通道边界。

$$L' = \left\{ i \mid D_i \geqslant p \times \sum D_i l_i / \sum l_i \right\} \tag{1}$$

式中：i为通道L第i段线路；D_i为通道区域线性基础设施第i段的换算密度，即单位里程承担的换算周转量，(t·km)/km；l_i为通道L第i段设施的长度，km；L'=｛1，2，…，m｝为通道区域内关键区段集合；p为需求集聚水平系数，大于1。

1.3.2　节点影响区分析

基于综合运输通道内干线铁路车站等与综合交通网络的衔接关系，借助等时圈算法划定通道主要车站对外等时圈，广东省高速铁路/城际铁路车站1小时等时圈示意图如图2所示，通过通道服务的便利性水平标定与通道耦合关系紧密的经济社会空间。此类技术方法多见于通道线网空间相对明确的规划，主要用于判定通道的直接影响区域，研究通道与经济社会空间的耦合关系，为综合运输通道客货运输需求的发展趋势研究提供支撑。

$$A_{kT} = \left\{ n_{kj} \mid t_{kj} \leqslant T \right\} \tag{2}$$

式中：A_k=｛1，2，…，n｝为车站k所在区域周边所有小区/栅格的集合；A_{kT}=｛1，2，…，n_k｝为车站k所在区域周边T小时可达的小区/栅格集合；n_{kj}为车站k所在区域的第j个小区/栅格，$n_{kj} \in A_k$；t_{kj}为n_{kj}小区/栅格中心点到车站k的最短时间，min。

以上规划实践的方法尚不能体现通道内各种运输方式路线的复合功能特点，对于并行空间的竞争关系、不同类型轨道交通功能的差异性等方面对应不足，对于后续方式比选和结构优化研究的支撑作用还有进一步提升的空间。

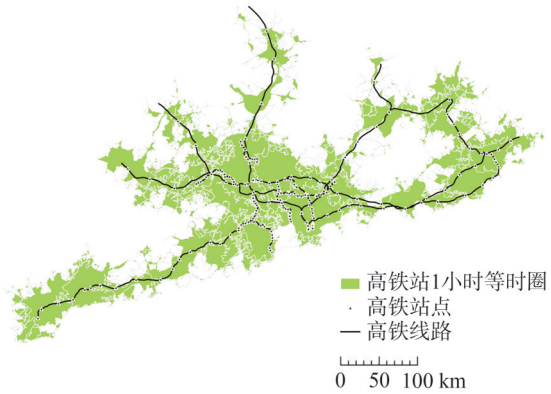

图2　广东省高速铁路/城际铁路车站1小时等时圈示意图

Fig.2　1-hour isochrone for high speed railway/intercity railway stations in Guangdong Province

2　基于大数据的城市群综合运输通道边界识别方法

随着手机信令、基于位置的服务(Location Based Services，LBS)数据挖掘在交通规划领域中的应用，通过融合行业统计数据和大数据资源，可以对轨道交通所在的综合运输通道内出行需求进行结构化、定量化的分析。通过对综合运输通道的核心功能进行识别和提取，找出实现通道功能的主要线路和物理空间，形成通道边界。此类方法在研究初期可以按照城际出行、都市圈通勤出行等维度提取通道边界，作为城际铁路、城市轨道交通市郊线、市域(郊)铁路配置等问题的研究重点。

2.1　通道边界识别方法与交通大数据技术相关概念

综合运输通道的规模和功能是通道内各种设施规划的基础和核心要素，也是通道边界识别的基础。对于轨道交通所在通道范围的划定，主要通过大数据出行溯源技术将通道服务的OD分布和功能特征等与通道的线性设施空间建立联系，通过对不同类型的出行的设施空间范围的识别，提取城市群通道的合理范围。城市群通道边界研究技术路线如图3所示，主要包括3个阶段：一是基于手机信令等精细化数据判断城市群通道断面特征后提取主要测度指标，二是基于不同出行功能要求测算相关设施是否隶属于相应的功能空间，三是基于不同类型功能空间的设施布局融合提取相应通道的边界，测算通道的宽度和长度，作为后续开展规划研究的空间基础和范围参考。

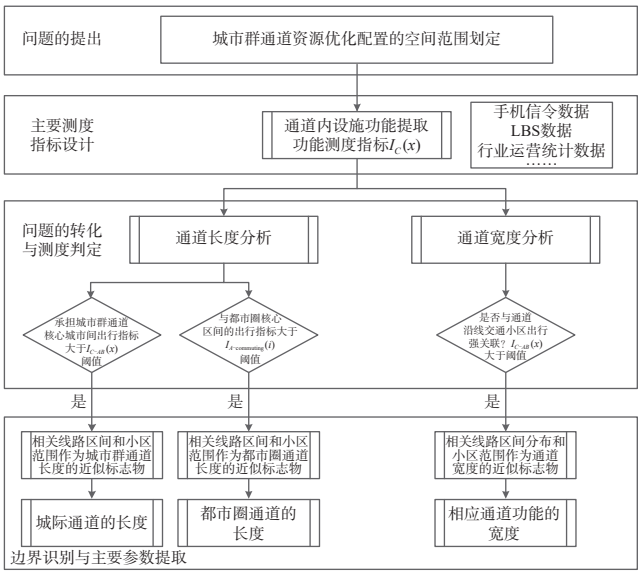

图3　城市群通道边界研究技术路线

Fig.3　Technical roadmap for urban agglomeration corridor boundary research

2.2　基于大数据的通道宽度和长度划定技术

2.2.1　基于通道断面OD溯源的通道宽度划定

基于大数据通道宽度的算法思路是：将通道内主要节点出行与设施空间建立关联关系，基于通道服务的出行空间分布划定和计算通道的范围和横向宽度。

具体来说，就是设置功能测度指标$I_C(x)$判定通道空间与研究所需的功能之间关系，将承载相应通道功能的线路集合的空间宽度，作为通道宽度的参考范围。而对于功能识别，通道应重点满足沿线小区间以及对外出行需求，可以通过对城市群通道内线路承载的OD的空间分布进行分析，判定城市群内各线路与相应的通道功能的契合程度。

（1）通道功能测度一般性指标。功能测度指标$I_C(x)$为城市群区域内各小区OD在通道内的分量占通道承载总出行量的比重。

$$I_C(x)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}Q_{ij}(x)/Q(x)\qquad i\in N,\ j\in N \tag{3}$$

式中：$Q_{ij}(x)$为通道内x区段上承载的城市群第i小区到j小区出行量；$Q(x)$为通道内x区段上承载的出行总量；N为城市群通道区域小区的集合，$N=\{1,\ 2,\ \cdots,\ n\}$。

（2）通道城际功能测度指标。城际功能测度指标$I_{C\text{-}AB}(x)$为承载城际功能出行量在通道的占比。

$$I_{C\text{-}AB}(x)=\sum_{i=1}^{n_a}\sum_{j=1}^{n_b}Q'_{ij}(x)/Q(x)\qquad i\in N_A,\ j\in N_B \tag{4}$$

式中：$Q'_{ij}(x)$为通道内x区段上承载的城市群城市A第i小区到城市B第j小区出行量；$Q(x)$为通道内x区段上承载的出行总量；N_A，N_B为城市A，B内小区的集合，$N_A=\{1,\ 2,\ \cdots,\ n_a\}$，$N_B=\{1,\ 2,\ \cdots,\ n_b\}$。

（3）通道城际出行的影响力功能测度指标。通道城际出行的影响力功能测度指标$I'_{C-AB}(x)$为通道承担的出行量占小区出行总量的比例，实际规划中，可以表征通道内各小区出行对相应线路的选择偏好。

$$I'_{C-AB}(x)=\sum_{i=1}^{n_a}\sum_{j=1}^{n_b}Q_{ij}(x)/\sum_{i=1}^{n_a}\sum_{j=1}^{n_b}Q_{ij}\qquad i\in N_A,\ j\in N_B \tag{5}$$

式中：$Q_{ij}(x)$为通道内x区段上承载的第i小区到j小区出行量；Q_{ij}为第i小区到j小区总出行量；N_A，N_B为城市A，B内小区的集合，$N_A=\{1,\ 2,\ \cdots,\ n_a\}$，$N_B=\{1,\ 2,\ \cdots,\ n_b\}$。

以上3个指标取值越高，则相应线路服务对应小区出行的功能就越突出，当平行线路相应指标接近或可比时，可认为功能上有较强的可代替性，相应区域是相应城际铁路等设施配置的可选空间和竞合关系研究的主要区域，相应的设施布局的横向宽度可以作为通道宽度的参考。

2.2.2　基于通勤功能的都市区通勤通道长度识别

合理长度问题广泛存在于轨道交通等大运量线性系统的研究中，常见于解决都市区、都市圈交通边界和城市轨道交通市郊线、市域(郊)铁路等尺度问题。综合《交通强国建设纲要》提出的2035年都市区1 h通勤要求、参照发达国家都市圈交通发展经验[12]，通勤功能是确定都市区空间范围，合理配置轨道交通市郊线、市域(郊)铁路的关键依据。以城市群通道的通勤功能特征参数作为都市区通道长度划定的指标参考。

（1）通道服务通勤出行的测度指标。通道服务通勤功能强度的测度指标$I_{\text{commuting}}(x)$为都市圈、都市区核心城市A的通勤出行在相应通道出行的比重。

$$I_{\text{commuting}}(x)=\sum_{i=1}^{n_a}\sum_{j=1}^{n}Q_{ij\text{-commuting}}(x)/Q(x)$$

$$i\in N_A,\ j\in N \tag{6}$$

式中：$Q_{ij\text{-commuting}}(x)$为通道内$x$区段上承载的小区$i$

与小区j之间的通勤出行量；$Q(x)$为通道内x区段上承载的出行总量；N_A为都市圈中心城市A内的小区集合，$N_A=\{1, 2, \cdots, n_a\}$；$N$为都市圈通道区域小区的集合，$N=\{1, 2, \cdots, n\}$。

（2）都市区通勤范围的测度指标。城市轨道交通市郊线和市域(郊)铁路服务的都市区、都市圈通勤关系普遍呈现向心特征，因此也可以用相应小区i与中心城区A的通勤量占小区i出行总量比重$I_{A-\text{commuting}}(i)$直接对都市区、都市圈边界进行标定，通过都市区、都市圈的边界与通道的交线判定相应通道的长度。

$$I_{A-\text{commuting}}(i)=\sum_{j=1}^{n_a}Q_{\text{commuting}}(ij)/Q(i) \qquad i\in N \tag{7}$$

式中：$Q_{\text{commuting}}(ij)$为都市圈第i小区与第j小区的通勤出行量；$Q(i)$为第i小区出行总量；N_A为都市圈中心城市A内的小区集合，$N_A=\{1, 2, \cdots, n_a\}$；$N$为都市圈通道区域小区的集合，$N=\{1, 2, \cdots, n\}$。

3　案例分析

穗莞深(广州—东莞—深圳)通道是粤港澳大湾区最重要的交通经济走廊，是国家综合立体交通网中客货流最密集、沿线经济发展水平最高的运输通道，通道内居民出行规模大、目的多样、需求复杂。各种运输方式线路高度密集，既有广深高速铁路(广州—深圳)、广深铁路(广州—深圳)、穗莞深城际铁路(广州—深圳)等高速铁路、普速铁路、城际铁路，也有沿江、广深、环珠三角、从莞深等高速公路，城市轨道交通线网密度也居全国前列。新规划建设轨道交通基础设施需要充分考虑与既有通道内各方式设施之间的关系，并基于精细化出行需求确定设施空间方案和建设时机，这对于广深城际、都市区/都市圈等典型功能要求下的边界宽度和长度确定提出要求。

3.1　数据基础

为支撑通道内城际和都市区/都市圈空间尺寸提取的要求，基于广东省综合立体交通网建立了综合交通地理信息分析系统，以3 km×3 km网格为最小显示单元，以行政镇街作为交通分析小区(广州深圳中心城区以区为交通分析小区)，采集了铁路、公路主要线路的客流密度，基于联通手机信令的穗莞深三市镇际出行OD数据和通勤出行OD数据，并针对穗莞深三市中心城区与外部组团间、城市边界，以及综合交通网络的典型区段为划定原则，在三市范围内选定了57个典型镇街边界，通过溯源技术提取了通过相应通道断面上的各方式出行分布和目的。

3.2　行业统计在广深港通道范围提取中的应用

针对通道沿线穗莞深三市各方式铁路、高速公路线路旅客运输密度的计算，三市交通运输网络中客运密度分布满足帕累托法则，各方式承担出行量主要集中在通道内的少数线路上。以高速公路为例，三市范围内25%的高速公路线路承载了70%的交通周转量，穗莞深三市高速公路高密度区段示意图如图4所示。相应的各方式高密度线路取并集可以作为通道边界识别的空间骨架基础。

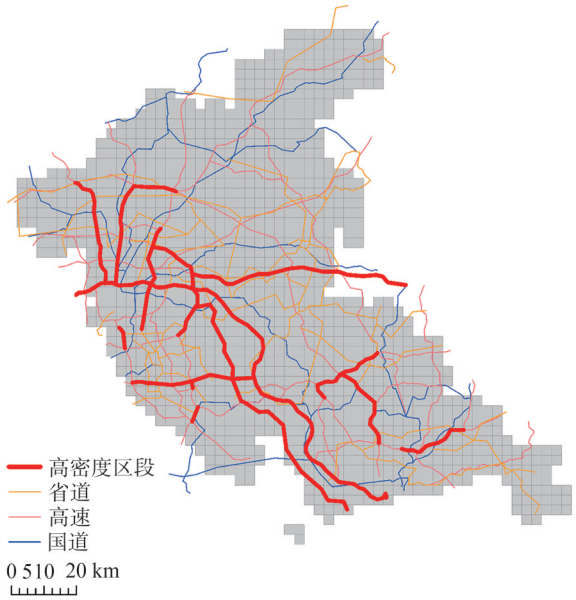

图4　穗莞深三市高速公路高密度区段示意图

Fig.4　High-density sections of expressway network in Guangzhou, Dongguan, and Shenzhen cities

基于通道内主骨架网络，划定直接影响区，扩展通道范围，作为通道边界的参考区。如将跨珠江通道高速公路和高速铁路的5 min，10 min，15 min影响区作为通道内沿江走廊宽度范围，跨珠江通道高速公路和高速铁路影响区示意图如图5所示。

3.3　基于大数据的广深城际通道宽度划定

根据公式(3)和公式(4)，对57个断面上服务穗莞深三市的出行比重和服务广深城际出行比重进行计算，形成基于城市群和城际2个功能维度的散点图，穗莞深通道典型断面基于服务OD占比的功能散点图如图6所示，穗莞深交通小区与深圳中心城

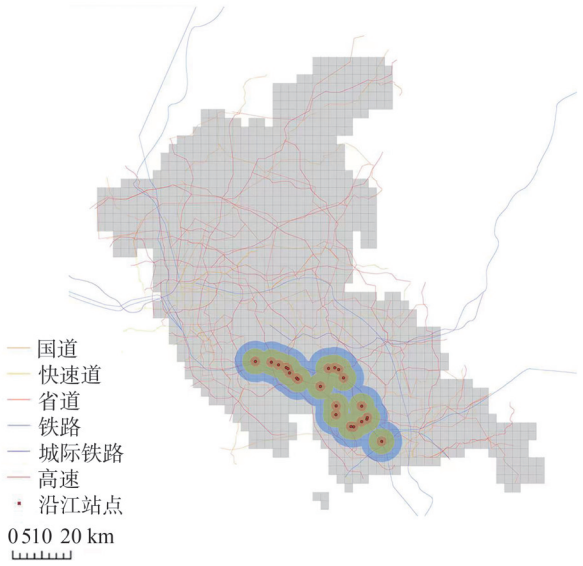

图5　跨珠江通道高速公路和高速铁路的影响区示意图

Fig.5　Catchment areas for expressways and high speed railway of cross-Pearl River corridor

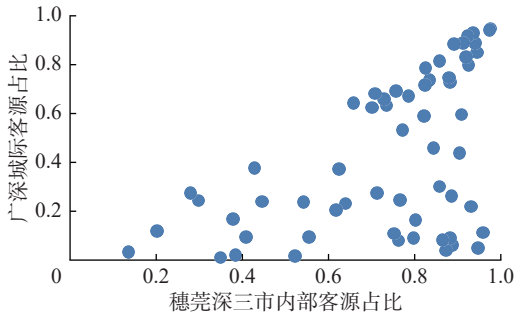

图6　基于服务功能占比的通道典型断面分布散点图

Fig.6　Scatter diagram of typical cross-section distribution based on service function proportion

区通勤客流比例分布示意图如图7所示，经聚类分析等认为横坐标大于等于0.6的断面，服务穗莞深地区出行的需求特征显著，当横、纵坐标都大于等于0.6时认为服务广深城际出行的特征显著。

以广深城际出行占比超过70%作为阈值，对于服务广深双核联系的快速轨道交通系统空间进行提取，得到广深城际出行使用偏好特征突出的城际廊带边界，广深城际出行客流分布示意图如图7所示。从空间上看，广深城际出行通道在空间上呈现带状和部分沙漏型特征，广深城际出行通道空间示意图如图8所示，在广州和深圳中心城区通道最宽处为荔城街道—海珠区、葵涌镇—南山区宽度约为50 km，通道宽度距广深中心城区距离递远递减，在东莞中心城区段东城街道—沙田镇约30 km。

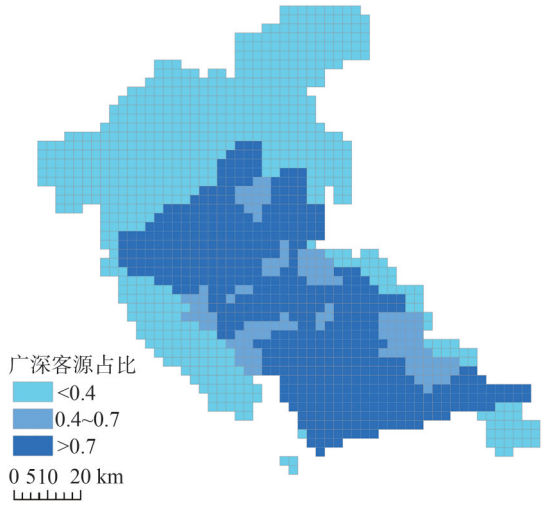

图7　广深城际出行客流分布示意图

Fig.7　Distribution map of the trip distribution of Guangzhou-Shenzhen intercity travel

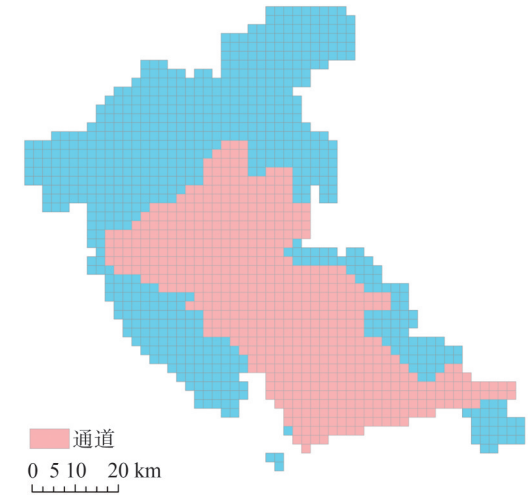

图8　广深城际出行通道空间示意图

Fig.8　Diagram of the corridor boundary of Guangzhou-Shenzhen intercity travel

3.4　基于大数据的都市圈通道长度划定

参照公式(6)、公式(7)，计算穗莞深三市主城区外各交通小区与主城区通勤的比重、通道断面通过的客流通勤占比、通道承载的都市圈中心城市客流比重等指标，划定穗莞深通道内广州都市圈和深圳都市圈交通走廊的长度，作为城市轨道交通市郊线和市域(郊)铁路长度的参考。

穗莞深通道典型断面的通勤比重分布示意图如图9所示。从穗莞深通道各断面的通勤比重分布看，穗莞深通道的通勤交通主要集中于广州主城区、番禺区、黄浦区，深圳主城区、盐田区以及宝安区、龙华区、龙岗区南部，东莞主城区和靠近广

州、深圳主城区的镇。东莞市内镇际出行通勤比重总体不超过10%，跨镇通勤特征不明显。

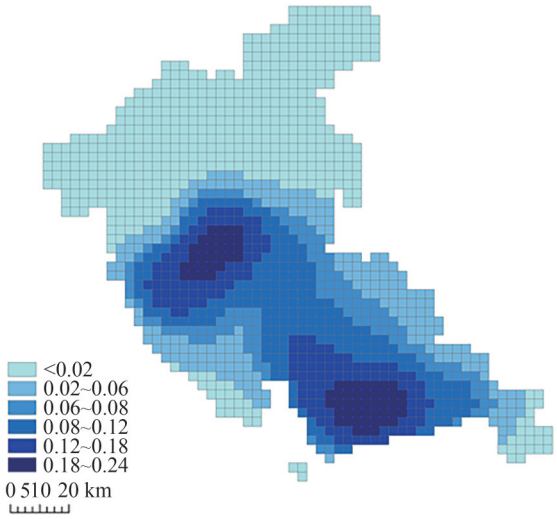

图9　穗莞深通道典型断面的通勤比重分布示意图

Fig.9　Schematic diagram of commuter share distribution at typical sections of the Guangzhou-Dongguan-Shenzhen corridor

穗莞深交通小区与广州中心城区通勤客流比例分布示意图如图10所示，穗莞深交通小区与深圳中心城区通勤客流比例分布示意图如图11所示。从通道内广州、深圳中心城区通勤的交通分布特点看，主要呈现以广州市、深圳市中心城区为起点，各小区通勤规模递远递减的特征；大部分通勤客流集中在主城区和外围长度约25~30 km (广州)和30~35 km (深圳)。从各镇与广州通勤交通占对外交通的比重看，广州全域、东莞北部和中部部分镇街与

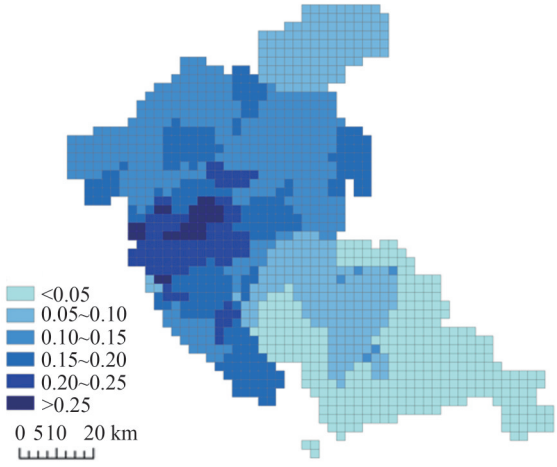

图10　穗莞深交通小区与广州中心城区通勤客流比例分布示意图

Fig.10　Schematic diagram of the proportional distribution of commuting flow between traffic analysis zones in the Guangzhou-Dongguan-Shenzhen region and Guangzhou central urban area

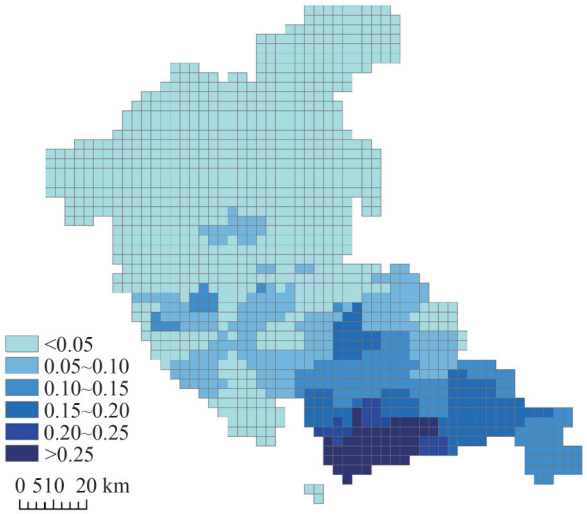

图11　穗莞深交通小区与深圳中心城区通勤客流比例分布示意图

Fig.11　Schematic diagram of the proportional distribution of commuting flow between traffic analysis zones in the Guangzhou-Dongguan-Shenzhen region and Shenzhen central urban area

广州通勤联系较强(图10)，深圳全域、东莞中南部地区与深圳通勤联系较强(图11)。以镇际通勤比10%划定都市圈，广州都市圈的长度在25~35 km，深圳都市圈的长度在35~40 km；以镇际通勤比5%划定都市圈，广州都市圈的长度在30~40 km，深圳都市圈的长度在45~55 km。

3.5　通道融合与边界划定

融合广深城际通道和广州、深圳都市圈通勤通道范围，得到穗莞深内部城际和出行通道空间示意图如图12所示，服务穗莞深三市内部交通功能的通道空间大致呈菱形，其中东西向的短边约50 km，

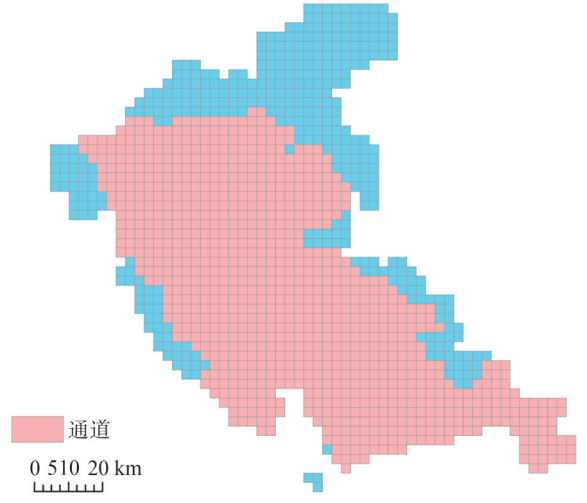

图12　穗莞深内部城际和都市圈出行的通道空间示意图

Fig.12　Corridor space for intercity and metropolitan area travel within Guangzhou-Dongguan-Shenzhen region

西北—东南向的长边约120 km。

4　结束语

本研究在总结既有综合运输通道边界问题研究和规划实践的基础上，尝试回答城市群综合运输通道的合理长度和宽度问题，提出了基于大数据技术的城市群综合运输通道边界识别方法。基于大数据手段建立通道内线路与服务的空间出行之间的关系测度和通勤等出行目的测度。从穗莞深通道城际功能宽度和都市圈长度提取等规划实践看，新方法可以较为便利、直观和准确地实现基于服务对象和出行功能的边界识别，能够提升边界识别的精度，体现不同类型交通基础设施的服务功能差异化，对于当前轨道上的城市群、都市圈布局、建设具有较好的支撑作用。

下一步研究建议关注2个方面，一是需要深化通道设施断面的遴选研究，以较少的断面系统全面反映通道的交通特征；二是需要深化通道各类型功能划定的合理阈值研究。

参考文献：

[1] 张国伍. 交通运输系统分析[M]. 成都：西南交通大学出版社，1991.

[2] 曹小曙，阎小培. 20世纪走廊及交通运输走廊研究进展[J]. 城市规划，2003，27(1)：50-56.
CAO Xiaoshu，YAN Xiaopei. A Review of Corridor and Transport Corridor[J]. City Planning Review，2003，27(1)：50-56.

[3] 张迦南，赵　鹏. 综合运输通道规划方法研究[J]. 北京交通大学学报，2010，34(3)：142-147.
ZHANG Jianan，ZHAO Peng. Review of Comprehensive Transportation Corridors Planning[J]. Journal of Beijing Jiaotong University，2010，34(3)：142-147.

[4] 郝红刚. 中哈第三铁路通道巴克图口岸站方案研究[J]. 铁道货运，2024，42(12)：43-50，57.
HAO Honggang. Scheme for Baketu Port Station on Third Railway Corridor between China and Kazakhstan[J]. Railway Freight Transport，2024，42(12)：43-50，57.

[5] 李德刚. 综合运输网中的通道分析与系统配置研究[D]. 成都：西南交通大学，2006.

[6] 张铱莹. 基于场论的运输通道聚散效应研究[D]. 成都：西南交通大学，2010.

[7] 闫卫阳，王发曾，秦耀辰. 城市空间相互作用理论模型的演进与机理[J]. 地理科学进展，2009，28(4)：511-518.
YAN Weiyang，WANG Fazeng，QIN Yaochen. Analysis of the Principle and Evolvement of the Theoretic Models of Urban Spatial Interaction[J]. Progress in Geography，2009，28(4)：511-518.

[8] 付　凯，王卓琳，韩　添. 城市边缘区的空间划分、演化及特征：基于2000年以来西安的实证研究[J]. 华中建筑，2019，37(11)：61-65.
FU Kai，WANG Zhuolin，HAN Tian. Spatial Division，Evolution and Characteristics of Urban Fringe：An Empirical Study Based on Xi'an since 2000[J]. Huazhong Architecture，2019，37(11)：61-65.

[9] 李　伟，孙　鹏，李　可，等. 运输集中、廊道识别与国家综合运输大通道规划[J]. 综合运输，2017，39(3)：1-7，12.
LI Wei，SUN Peng，LI Ke，et al. Spatial Concentration，Key Corridor Identification and National Comprehensive Transportation Corridors Planning[J]. China Transportation Review，2017，39(3)：1-7，12.

[10] 贺晓琴，华文龙，朱小康，等. 都市区综合交通走廊工程规划实践：以金华市为例[J]. 城市交通，2020，18(4)：55-63.
HE Xiaoqin，HUA Wenlong，ZHU Xiaokang，et al. Comprehensive Transportation Corridor Design in Metropolitan Areas：A Case Study of Jinhua[J]. Urban Transport of China，2020，18(4)：55-63.

[11] 吴　颖. 综合运输通道识别及对区域经济发展的影响研究[D]. 长沙：长沙理工大学，2018.

[12] 钱紫华. 都市圈概念与空间划定辨析[J]. 规划师，2022，38(9)：152-156.
QIAN Zihua. The Concept of Metropolitan Region and Its Delineation[J]. Planners，2022，38(9)：152-156.

[13] 肖　红，胡宇航，王孝坤，等. 西部陆海新通道区域经济-交通运输-生态环境耦合协调发展及障碍度研究[J]. 铁道运输与经济，2022，44(7)：1-7.
XIAO Hong，HU Yuhang，WANG Xiaokun，et al. Coupling and Coordinated Development and Obstacle Degree of Regional Economy，Transportation，and Ecological Environment of New Western Land-Sea Corridor[J]. Railway Transport and Economy，2022，44(7)：1-7.

(责任编辑　汪沁萱)