

# 广州城市通达性综合评价及空间差异

陈少沛<sup>1</sup>, 丘健妮<sup>2</sup>

(1. 广东财经大学公共管理学院, 广州 510320; 2. 广州地理研究所, 广州 510070)

**摘要:**广州市在2000年提出“东进、西联、南拓、北优”的城市空间发展战略,2010年初步形成“两心四城”城市空间格局,随后在发展战略中加入“中调”,以进一步优化城市发展布局,谋求在2020年形成多中心、组团式、网络型的城市空间架构。城市空间发展战略调整有赖于城市交通基础设施建设的支撑,同时交通基础设施的完备程度与密度也是进行城市通达性差异研究的重要基础。近年来,广州的城市交通通达性发生了深刻变化,对城市空间结构布局产生了深远影响。在此背景下,借助地理信息系统,运用网格分区法对广州市交通基础设施进行区域划分和密度计算;进一步结合快速轨道交通(地铁)网络的时间通达性度量,对广州市的城区通达性进行综合评价,并分析其空间特征。研究结果表明,广州市城区的通达性呈现同心环状的空间分布格局,区域差异性较大,城市空间布局有待进一步完善和优化。在此基础上,基于地铁网络时间通达性和区域交通基础设施密度值进行区位等级划分,探讨区位因素与交通通达性的相互关系;并结合城市公共、商业服务设施和住宅区的空间特征差异,进一步甄别广州城市通达性空间格局特征和区域差异,从而为城市建设和空间发展提供科学参考。

**关键词:**通达性;交通基础设施;网格;区位;广州

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.04.004

中图分类号: K902

文献标识码: A

## 1 引言

城市空间格局是城市基础设施在空间范围内的分布和组合状态,反映了不同区位的通达程度和交通需求(Salze et al, 2011; 陆化普等, 2009; 林琳等, 2011)。而通达性(Accessibility)概念通常用于反映人或物通过特定交通网络从一个给定地点到达目的地的便捷程度(李平华等, 2005),具体表现在区域交通基础设施建设的完备程度及空间分布上的疏密程度。交通基础设施的建设和布局也是促使区域通达性变化的主要因素,改变了人们出行或生产要素运输的便捷性和可进入区域的范围,并引导人们对生活、生产和经济活动重新选择区位,从而影响城市空间格局的发展(毛蒋兴等, 2005)。

对于交通通达性与城市空间格局的关系,国内外学者普遍认为,二者之间是一种相互作用、彼此影响的耦合关系,交通通达性度量被认为是城市空间布局区位评价和区域差异分析的重要途径和内容(Sohn, 2006; Mavoa et al, 2012; 林琳等, 2011)。

根据不同研究领域的需要,交通通达性的度量方法也不尽相同。目前学者在城市交通通达性研究中普遍采用的方法有时间度量法(Marín et al, 2009; 邓羽等, 2012; 沈惊宏等, 2012; 桑丽杰等, 2013)、距离度量法(Keeble et al, 1998; Jiang et al, 2012; 向谦楠等, 2010)、潜力模型(Hansen, 1959; Geertman et al, 1995; 宋正娜等, 2010)和空间句法(程昌秀等, 2007)等;使用的评价指标通常是交通网络节点间的连通性约束,包括距离、时间及通常运输成本等(Kreutzberger, 2008)。上述通达性度量方法实现了对特定交通网络节点间的连通性评价,可以很好地反映人或物在点与点之间活动的便捷程度(Wang et al, 2009)。但是,上述交通网络节点间的时间或距离通达性的度量目前还难以满足对区域的通达性进行综合评价的要求,尤其是对反映区域间的通达程度差异方面说服力不足;另外由于缺乏对节点所在区域的发展状况(或质量)的考虑,如区域的交通基础设施建设情况、土地利用结构或土地开发状况等,以致难以阐述区域通达性与城市空间布局之

收稿日期:2013-09; 修订日期:2014-01。

基金项目:2012年广东省高校人文社科重大攻关项目(2012ZGXM\_0009)。

作者简介:陈少沛(1978-),男,博士,主要从事区域经济和地理空间分析及应用研究,E-mail: shaopei.chen@139.com。

间相互作用和影响的内在关联。

鉴于以上不足,一些学者开始在通达性度量中考虑区域社会经济发展状况。最早提出基于社会经济观点的通达性概念的学者 Hansen(1959),认为通达性是两个地理实体在交通网络中相互作用的潜能的大小,不仅与两者之间的时空阻隔有关,而且与其自身活动规模和质量大小相关。在此基础上,Goodall(1987)和 Deichmann(1997)进一步提出,通达性不仅是一个节点相对于其他节点而言能够到达的难易程度(反映为交通网络上的节点间旅行成本,如时间或距离),更是与特定节点的经济、社会机会要素及其所在区域间的相互吸引能力紧密联系。近年来,国内学者也开始关注从社会、经济观点出发进行通达性研究,认为通达性更重要的是要反映人或物对交通系统资源的占有以及对社会、经济活动空间和交往机会的利用(陆化普等, 2009; 冯长春等, 2013)。

综上所述,区域通达性不仅受到其在交通网络中的地理位置因素影响,也与反映区域社会经济发展水平的基础设施完备程度等因素紧密相关(Geurs et al, 2004; Chen et al, 2011; Ahlfeldt et al, 2011; 陈洁等, 2007; 刘贤腾, 2007; 王国刚等, 2013)。据此,综合区域位置、交通基础设施建设等因素,在运用规则网格对广州市城区进行区域划分的基础上,以网格区域的地铁网络时间通达性、交通基础设施(道路和公交线网)密度分布、土地利用结构(居民点、公共与商业服务场所的空间分布等)为指标,结合社会经济观点对广州市城区通达性进行综合评价,并对其空间特征展开分析,探讨区位因素与通达性的相互作用关系,揭示研究区的全域通达性空间格局和区域间差异性,为城市建设和发展规划提供科学参考。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

目前,广州市总面积为 7434.4 km<sup>2</sup>,辖有 10 个区和 2 个县级市,其中市辖区面积为 3843.43 km<sup>2</sup>,占总面积的 51.7%。本文选取的研究区域以越秀区、海珠区、荔湾区 3 个老城区为中心,范围包括天河区、白云区南部(北二环高速路以南)、黄埔区、番禺区沙湾水道以北、萝岗区南部地区(不含知识城

和九龙镇区)的城市建成区(图 1)。

广州市为优化城市布局,在 2000 年提出“东进、西联、南拓、北优”的城市空间发展战略。在此基础上,2005 年,广州市制定了面向 2010 年亚运会的城市发展规划,并最终于 2010 年形成“两心四城”的城市空间架构。2010 年,广州市又在城市空间发展战略中加入“中调”,以进一步优化城市发展布局,推动未来 10 年形成多中心、组团式、网络型的城市空间架构。目前,广州市的“两心四城”的空间格局中的“两心”是指天河新城中心和广州新城中心。天河新城中心是以珠江新城为核心的城市中轴线周边地区,其核心区域是天河北、珠江新城、员村三大板块构成的广州市天河中央商务区(CBD, Central Business District)。广州新城中心位于广州市的中南部,是珠三角的核心区域,范围包括沙湾水道南岸,以及沙湾水道北面市桥以东地区。广州新城中心的建设完善了广州市的南拓轴,起到承接广州中心城区和南沙的作用。“四城”即东部的奥体新城、南部的大学城、西部的花地新城和北部白云新城(图 1)。

近几年来,广州市的城市核心区域(环城高速范围内,占全市人口超过 40%)的交通需求增长迅

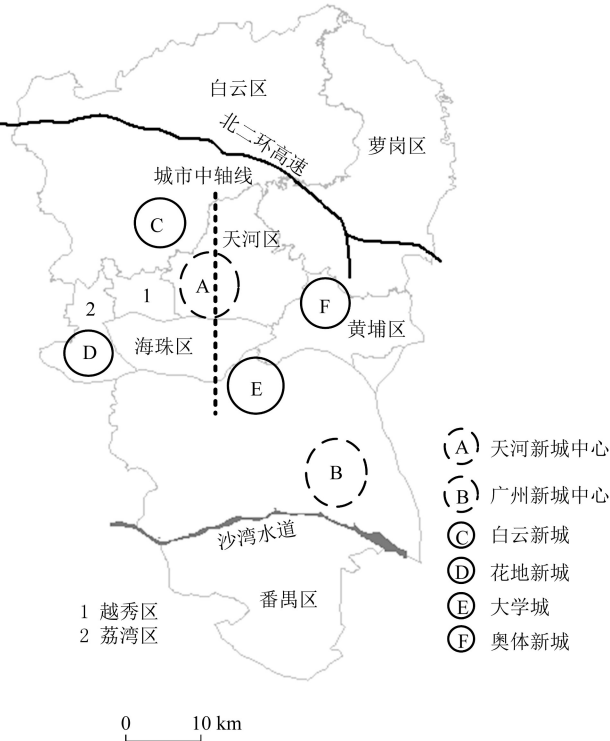


图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch map of study area

猛,向心交通压力不断增大。同时,广州市的汽车保有量一直保持两位数增长,2010年全市汽车保有量达到161万辆,造成城市核心区域的主要干道负载量剧增,制约着城市的通勤效率。根据《2010年广州市城市交通运行报告》(广州市交通规划研究所,2011),2010年高峰期间城市核心区域干道平均车速约22.7 km/h,高、快速路平均车速分别为49 km/h和39 km/h(表1)。

为了应对挑战,广州市加快了轨道交通建设步伐,以提升城市通勤效率。2010年广州市轨道交通设施建设取得突破性发展(表2),新增了3条线路,通车总里程达236 km,仅次于北京和上海。目前,广州市轨道交通网络(以下简称“地铁网络”)共有8条线路(129个站点)开通运营,其中包括连接佛山市的“广佛线”和珠江新城乘客自动传输系统(Automatic Passenger Move,简称“APM线”)。2010年,广州地铁的日均客运量超过400万人次,在公共交通客运量中占31%,机动化出行中占14%,骨干作用越来越显现(广州市地下铁路总公司,2011)。

目前,广州市地铁网络的空间结构与北京、上海等城市的环形结构不同,是一种纵横交叉的网络空间结构。图2显示了广州市地铁网络的空间扩展和结构演变,总体上呈现以城市核心区域(环城高速范围内)为中心,并向四周方向延伸的发散型的空间形态。

表1 广州道路行车速度

Tab.1 Speed of vehicles on the roads in Guangzhou

道路等级	平均速度/(km/h)		
	高峰	非高峰	加权平均速度
主干道	22.7	50.0	36.3
快速路	39.0	70.0	54.5
高速路	49.0	80.0	64.5

表2 1999–2010年广州地铁网络的发展

Tab.2 Metro network development in Guangzhou during 1999–2010

年份	线路数量	站点数量	通车里程/km
1999	1	16	19
2002	2	32	42
2005	4	62	122
2009	5	82	153
2010	8	129	236

2.2 数据来源与处理

以广州市房地产测绘院监制的2010年《广州市地图全图》为基础图件,通过已知控制点进行地图配准,并对研究区域的基础空间数据进行提取和分层,包括行政区划、道路网络、地铁网络、地面常规公交线路(简称公交线路)、居民点、公共与商业服务设施等数据(图3a、3b)。为分析交通基础设施密度分布的空间特征,同时考虑到以行政单元(如街道或行政区)为单位时,存在着某些区域的面积过小(过大)所引起的密度值被过分夸大(缩小)的不足,需要进行统一的区域划分,以准确界定区域间交通基础设施密度的高低。运用ArcGIS软件对研究区域进行规则网格(Fishnet)的分区,确定区域大小首先要避免产生的数据量过大而难以操作,另外参考广州市地铁线路的站点平均间距(如1号线平均间距为1.23 km,而3号线为2.7 km)以及核心区(包括越秀区、荔湾区、海珠区和天河区)的街道辖区平均面积(3.8 km<sup>2</sup>),最终确定网格大小为2.0 km×2.0 km(图3c)。

2.3 研究方法

同时选择能够反映区域通行能力的道路密度,以及反映区域内居民接近公交线路程度的公交线路密度,作为区域通达性度量指标,同时它们也是反映区域社会经济发展水平的主要指标。道路密度的计算公式如下:

$$E_{Ri} = \frac{P_{Ri}}{S}$$

(1)

式中: $S$ 为给定区域面积(单位: km<sup>2</sup>); $E_{Ri}$ 为各网格区域的道路密度值(单位: km/km<sup>2</sup>); $P_{Ri}$ 为各网格区域内道路中心线总长度(单位: km)。

同理,公交线路密度的计算公式:

$$E_{Bi} = \frac{P_{Bi}}{S}$$

(2)

式中: $S$ 为给定区域面积(单位: km<sup>2</sup>); $E_{Bi}$ 为各网格区域的公交线路密度值(单位: km/km<sup>2</sup>); $P_{Bi}$ 为各网格区域内覆盖公交线路的道路中心线长度(单位: km)。

同一区域内,道路密度和公交线路密度具有一定的相关性,但是在通达性范畴内,两者反映出人们对不同交通资源利用的机会程度,因此有必要进行综合考虑。由于缺乏前期的研究结果和依据,两者对区域通达性影响的权重难以确定,因此以算术平均值来衡量两者对区域通达性的综合影响程度,



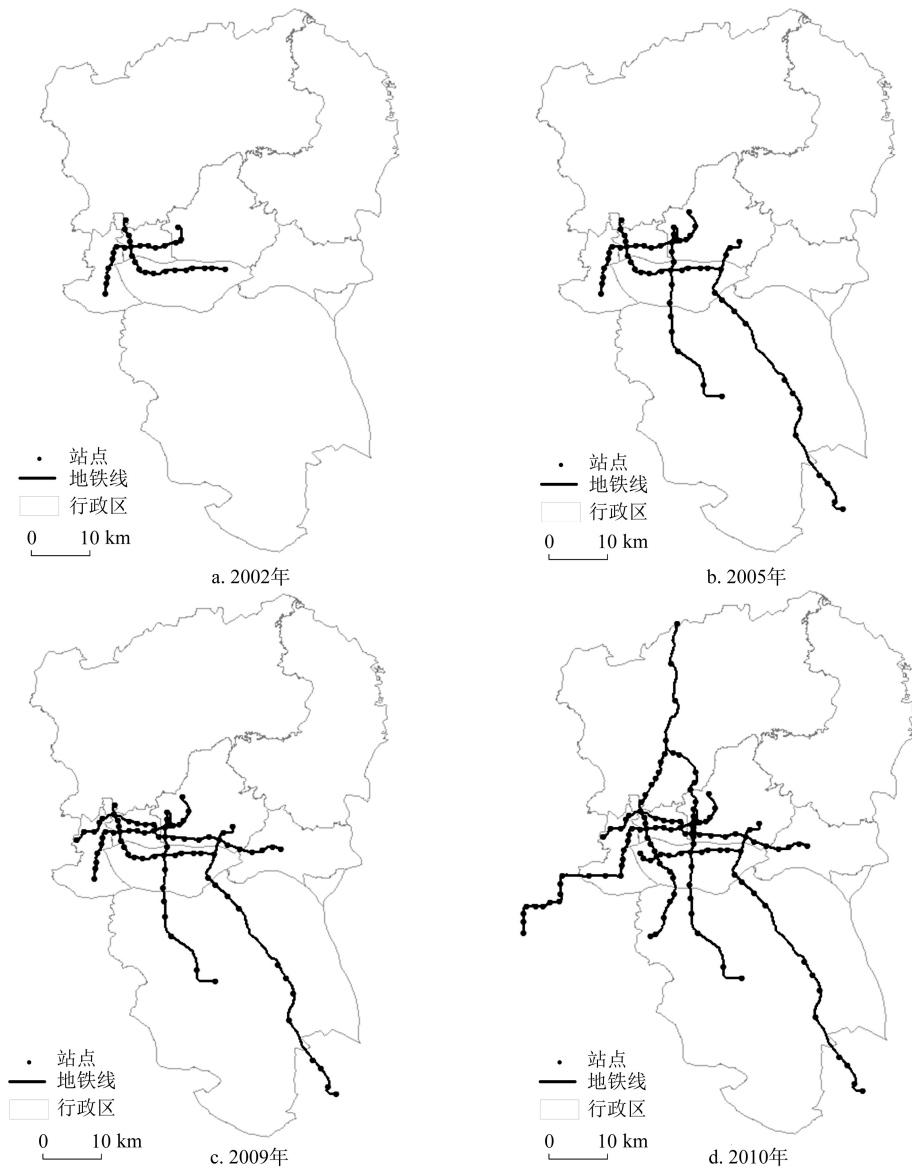


图2 广州地铁网络空间分布及演变

Fig.2 Spatial distribution and evolution of metro network in Guangzhou

计算公式如下：

$$A_i = (E_{Ri} + E_{Bi}) / 2 \tag{3}$$

式中： $A_i$ 表示网格区域*i*的交通基础设施密度通达性综合指数。 $A_i$ 愈大，表示该区域的通达性愈好； $A_i$ 愈小，则表示区域的通达性愈差。

基于以上的道路和公交线路密度计算，进一步在 ArcGIS 软件环境中对交通基础设施密度分布进行空间表达，并生成网格中心点(密度点)，将道路和公交线路密度值作为密度点的属性值存储在一个 shape 文件中。在此基础上，应用克里金(Kriging)插值法(刘世翔等, 2011; 徐爱萍等, 2011)，通过密度点的属性值生成连续的空间分布趋势面，实现基于矢

栅数据结合的密度空间分布表达，为通达性的区域差异评价提供支持。

另外，考虑到轨道交通(地铁)是一种快速、点对点和跳跃式运行方式，而且地铁网络空间分布具有区域大、站距长等特点，小区域线网密度分析难以反映出对全域通达性的影响。因此，在面向地铁网络的通达性度量上，采用与其他交通设施不同的处理方式。在考虑到可操作性基础上，运用基于矩阵分析的通达性度量法对地铁网络通达性进行评价。

交通网络的空间连接以及由此决定的节点间联系的便捷程度反映其连通程度 (Wang et al,

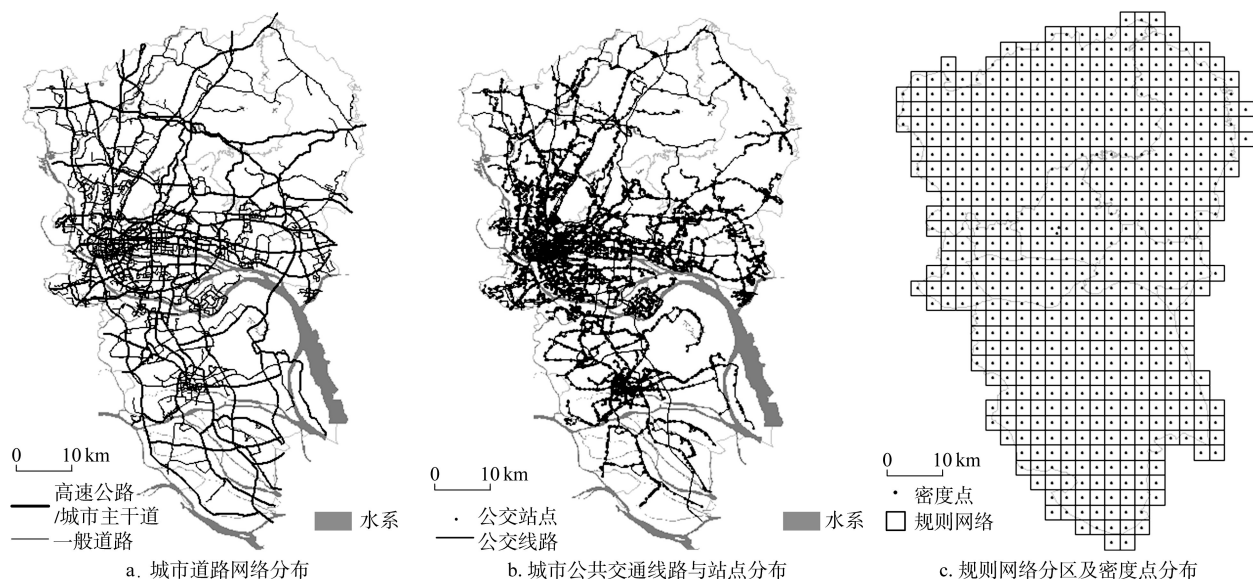


图3 广州交通基础设施空间分布及规则网格区域划分

Fig.3 Spatial distribution of transportation infrastructures and regional division based on grid in Guangzhou

2009)。由于地铁网络是一个全连通网络,即任意两个站点(节点)之间都是通过轨道线路相互连通的。因此,以两个站点之间的轨道线路连接关系为基础,选择了时间作为评价站点间的连通程度。首先通过广州市地铁公司网站提供的地铁出行方案查询功能,获取一个站点通过轨道线路到达另一个站点所需的时间,构造一个时间矩阵 $T$ ,公式如下:

$$T=[t_{ij}]_{n \times n} \quad (4)$$

式中: $n$ 为地铁网络的站点总数; $t_{ij}$ 表示从站点 $i$ 到站点 $j$ 需要耗费的最少时间(单位为“分钟”)。当 $i=j$ 时, $t_{ij}=0$ ;当 $t_{ij}=t_{ij}^{p=0}$ 时,表示 $i$ 与 $j$ 之间不存在中间站,上标“ $p$ ”表示中间站的数量。

一个站点通过轨道线路到达各个站点的所需时间之和越小,表示该站点的通达程度越好。根据 $T$ 矩阵,将站点 $i$ 的时间通达度 $T_i$ 定义为:

$$T_i = \sum t_{ij} \quad (5)$$

为了进一步衡量轨道交通网络中各站点的相对通达性水平,所有站点的通达度 $T_i$ 的平均值作为基准,通过站点的通达度 $T_i$ 与该基准之比计算出该站点的时间通达系数( $m_i$ ),表达式如下:

$$m_i = \frac{T_i}{(\sum T_i)/n} \quad (6)$$

$m_i$ 愈小,反映站点 $i$ 的相对通达性愈好。当 $m_i < 1$ 时,表示站点的通达程度高于全网的平均水平。当 $m_i > 1$ 时,说明站点 $i$ 的通达性程度低于全网

平均水平; $m_i$ 值最小的站点则为整个地铁网络的几何中心(Geometric Center)位置,通达程度最优。

### 3 结果与分析

#### 3.1 地铁站点通达性系数( $m_i$ )及空间特征分析

应用公式(6)对广州市各地铁站点的时间通达系数( $m_i$ )进行计算,结果表明,时间通达性最高的站点是体育西站( $m_i$ 值最小,接近0.5)。图4利用离散点图显示了各个行政区内各地铁站点的通达系数( $m_i$ )的分布和离散程度,样条曲线由各区内的站点 $m_i$ 平均值构成。结果表明指标值较小(通达程度较高),即 $m_i \leq 1.0$ 的站点集中分布在越秀、海珠和天河3个区内,其中越秀区的站点 $m_i$ 平均值最小(达到0.7),其次是海珠区和天河区(0.8),这得益于3个区内的线路和站点分布更为密集(共65个,占总数的58%),而白云区、荔湾区、黄埔区和番禺区的站点 $m_i$ 平均值都大于1.0,说明这些区的整体轨道交通时间通达性较差。

基于地铁站点的 $m_i$ 值,应用ArcGIS软件的克里金(Kriging)插值法进行空间插值,生成地铁网络覆盖区域的通达性布局图,并分别勾画出0.6、0.8、1.0、1.2、1.4和1.6的等值线(图5),反映通达性空间变化趋势。结果显示,研究区域内有地铁网络覆盖区域的时间通达性呈现为同心圈层结构,等值线从

体育西站(几何中心位置)向四周方向辐射,并随距离增大逐渐衰减。值得关注的是,以 $m_i=0.8$ 的封闭等值线为边界的区域与广州市核心区域(环城高速范围内)在空间上耦合,表明核心区域地铁网络通达性程度较优,也较好地解释了以城市核心区域为中心向四周方向延伸的发散型的地铁网络空间形态对区域通达性的贡献。

从广州市“两心四城”的城市空间格局来看,天河新城中心处于地铁网络的交通中心,区域内分布

着 $m_i$ 值较小的站点,包括体育西站。而 $m_i=1.0$ 的等值线则贯穿白云新城、奥体新城、花地新城和大学城四个新城,这与广州市的“东进、西联、南拓、北优”的城市发展战略实施在时间和空间上基本耦合。然而,整个番禺区,包括广州新城市中心的地铁网络时间通达性程度较差( $m_i$ 值大于1.2的等值线贯穿其中),即使在番禺区内分布有3条轨道线路(即2号线、3号线和4号线,共17个站点)。主要原因是这些线路在番禺区内没有交汇,显示单一地铁线路的延伸对区域通达性影响较弱。

由于轨道交通网络空间规模限制,地铁站点的覆盖面不够,使得由时间通达性系数等值线所表达的通达性的空间形态出现局部断层而形成“峭壁”,等值线在该处出现重叠。如图6所示,研究区域地铁网络时间通达性的空间形态出现两处断层,所有 $m_i \geq 1.2$ 的等值线分布在这两个断层处重合。由此,“峭壁”下的区域(以密度点表示其位置)并没有地铁网络覆盖,因而不受地铁网络时间通达性的辐射影响,这些区域的 $m_i$ 值被统一设定为一个较大值(例如: $m_i=10$ ),用于表示其受地铁网络时间通达影响十分微弱;而断层所包围的区域,即“峭壁”顶的区域是地铁网络覆盖区域,其时间通达性 $m_i$ 值则基于

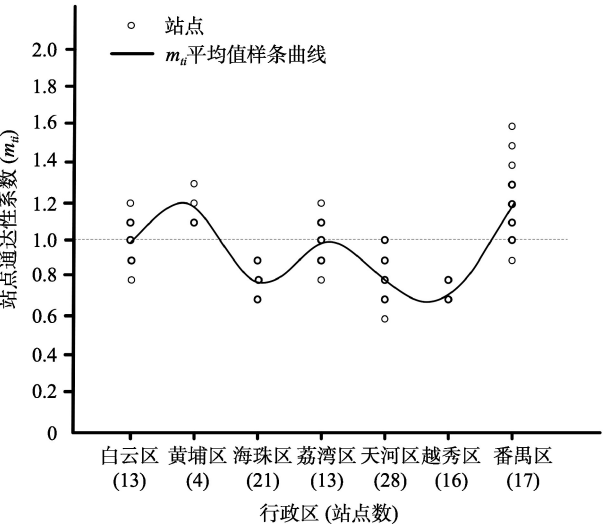


图4 广州地铁站的时间通达系数( $m_i$ )离散图  
Fig.4 Scatter plot of time accessibility coefficients ( $m_i$ ) of metro stations in Guangzhou

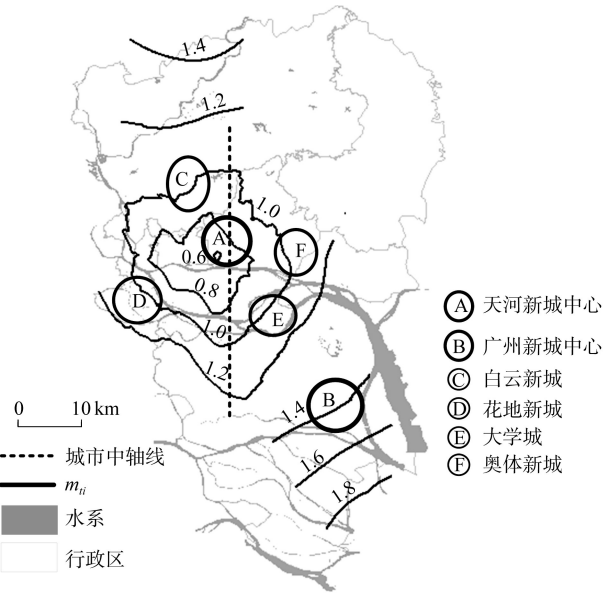


图5 广州地铁网络时间通达性空间格局  
Fig.5 Spatial pattern of time accessibility of metro network in Guangzhou

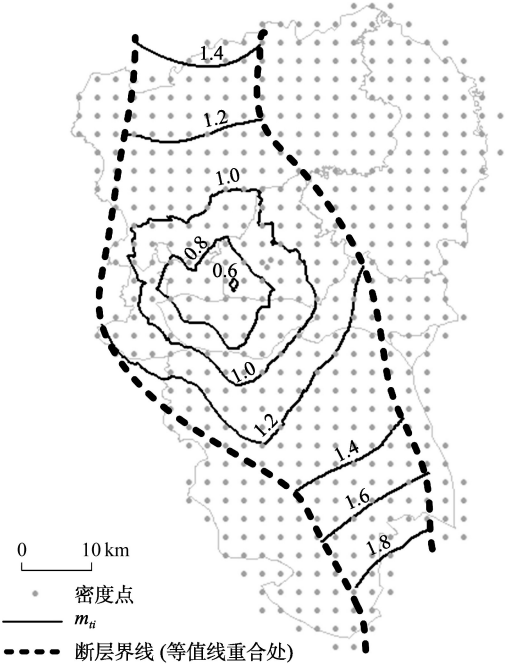


图6 广州地铁网络时间通达性空间趋势  
Fig.6 Spatial trend of time accessibility of metro network in Guangzhou



等值线的空间走向进行插值获得。最后,研究区域内所有网格区域的 $m_{ii}$ 值将作为其密度点的属性值进行存储。

3.2 区域通达性的综合度量与区位划分

上文从轨道交通视角出发,分析了地铁网络覆盖区域的时间通达性空间格局,但限于广州地铁网络的空间规模和站点覆盖率,难以全面反映整个研究区的区位通达性及其特征。因此,进一步结合交通基础设施密度的空间分布特征,在地铁网络时间通达性空间分析基础上,进行区域通达性综合评价和区位划分。

图7显示了在ArcGIS软件中应用克里金插值法生成的道路和公交线路密度空间连续分布特征。可以看出,道路和公交线路的密度分布存在较强的相关性。从区位布局来看,道路和公交线路的密度分布在空间上都呈现出圈层结构,并且向东西两翼拉伸扩展。高、中密度的区位集中分布在城市核心区域,并且与以 $m_{ii}=1.0$ 等值线为边界的区域在空间上耦合,这表明交通基础设施布局具有很强的向心性区位指向。

在此基础上,进一步利用各个网格区域的交通基础设施密度通达性综合指数( $A_i$ )和地铁网络时间通达性指数( $m_{ii}$ )双重指标进行全域通达性综合评价,通过自然断点法(Natural Breaks)对区域进行通

达性等级分类,并划分为四大等级区(图8)。

第一等级区的面积为105.5 km<sup>2</sup>,占研究区域总面积的4.3%,在区位布局上与广州市的城市核心区域吻合。第一等级区内的交通基础设施建设最为完备(道路密度大于12 km/km<sup>2</sup>, $m_{ii}$ 小于1.0),区域交通通达性程度最优。

第二等级区的面积为425.5 km<sup>2</sup>,占区域面积的17.4%。该区域环绕第一等级区,北至嘉禾镇(包括白云新城),南沿新光快速路延伸至番禺市桥,西至佛山市南海区分界线(包括花地新城),东至奥体新城。第二等级区内的交通基础建设情况较好(道路密度在6~12 km/km<sup>2</sup>之间, $m_{ii}=1.0$ 的等值线贯穿其中),区域交通通达性程度较优。

第三等级区面积884.6 km<sup>2</sup>,并被第一和第二等级区分隔为南、北部两部分,北部沿地铁2、3号线分布,南部包括大学城和广州新城中心,也是地铁2、3和4号线覆盖区域。区域内的地铁线路少且站点间距大(平均大于2 km),且南部的几条线路没有换乘站点,导致其地铁网络时间通达性远低于全网水平( $m_{ii}$ 最大值达到1.8)。

第四等级区面积1027.2 km<sup>2</sup>,区域内没有地铁网络覆盖,同其他等级区的分界线与地铁网络时间通达性断层线重叠,区域内的交通基础建设最为薄弱,区域通达性也最差。

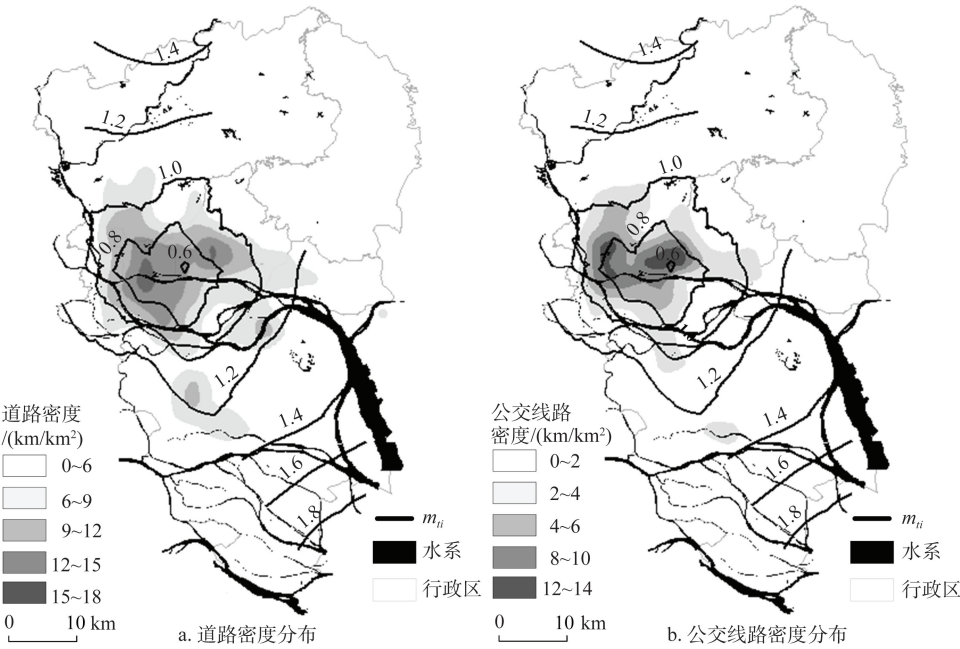


图7 广州交通基础设施密度分布

Fig.7 Density of transportation infrastructures in Guangzhou

3.3 基于交通通达性的城市空间布局区位分析

区位是影响社会和经济活动的基本因素之一，与城市空间布局有着密切联系(沈惊宏等, 2012)。上文应用道路密度、公交线路密度和地铁网络时间通达性等多元指标分析了交通通达性的空间分布特征,并对其进行综合评价和区位划分。但从微观的角度来看,更直观的区位表征因子是城市基础

设施建设的完备程度和聚集程度。

图9显示了研究区域内的城市基础设施空间分布特征,包括公共设施(如政府、医疗机构和学校)、居民点、商业服务设施(如银行、宾馆、酒店、超市和餐饮)。从表3可以看出,城市基础设施的聚集程度(密度)与区位通达程度显著相关,4个等级区的设施分布密度呈现幂次递减特征:①在第一等级区内,各类城市基础设施的聚集程度最高,其中商业服务设施密度达到117个/km<sup>2</sup>。②第二等级区的各类城市基础设施分布则呈现出沿主干道分布的明显特征,例如在北部主要是沿着机场路分布,而东部则沿着中山大道分布。③第三等级区的城市基础设施的建设程度和聚集程度较差,基本上趋向于沿着主干道分布。④第四等级区的城市基础设施的建设程度和聚集程度最差,尤其是东北部区域内几乎没有任何城市基础设施建设。

综合以上分析,广州市的城市用地开发集中在核心区域,空间布局呈现较强的向心指向,核心区域保持着巨大的交通需求。这一方面促使城市核心区域的交通基础建设更加完备,以提升区域通达性程度;但另一方面也引起了向心交通压力的增加,核心区域的交通设施负载量剧增,交通出行环境恶化,不仅通勤效率受到严重制约,而且居民的出行成本急剧上升。

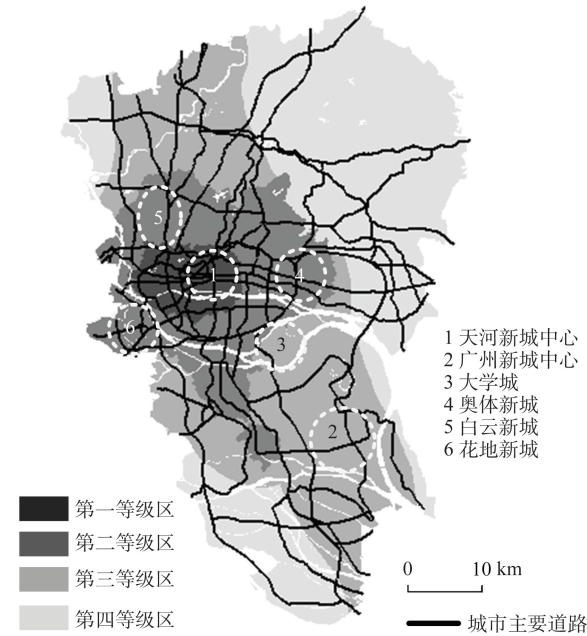


图8 广州交通通达性分区  
Fig.8 Partition of Guangzhou based on transport accessibility

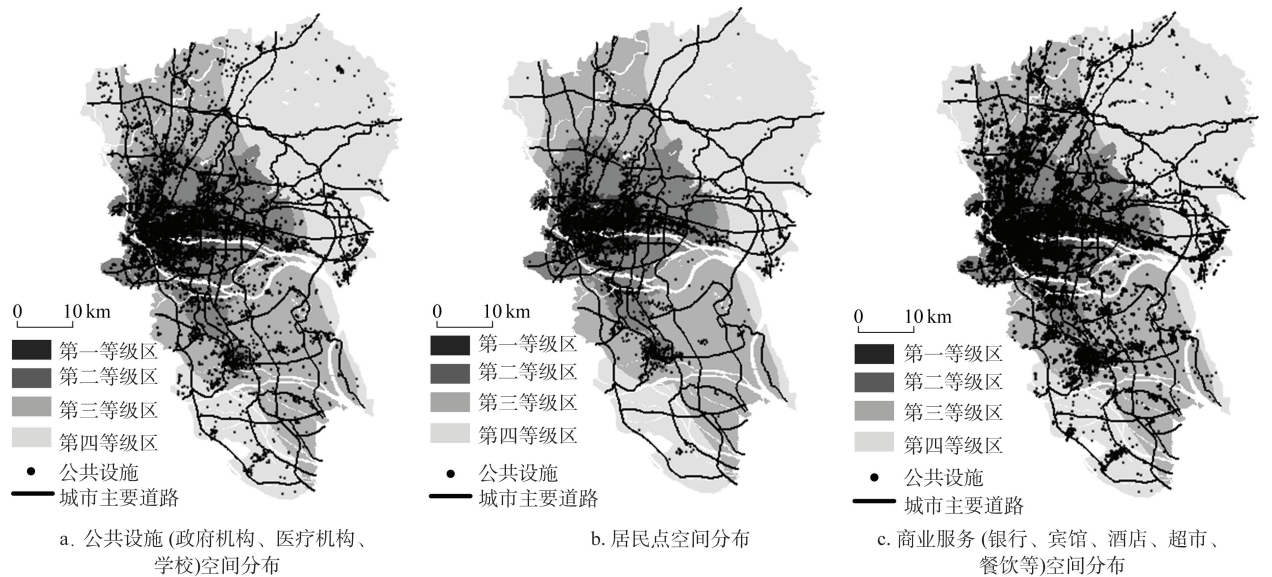


图9 广州城市基础设施的空间分布  
Fig. 9 Spatial distribution of infrastructures in the urban area of Guangzhou



表3 广州城市基础设施在不同等级区内的分布数量和密度

Tab. 3 Number and density of urban infrastructures in different areas in Guangzhou

分区	面积/km <sup>2</sup>	公共设施		商业服务设施		居民点	
		数量/个	密度/(个/km <sup>2</sup> )	数量/个	密度/(个/km <sup>2</sup> )	数量/个	密度/(个/km <sup>2</sup> )
一级区	105.5	2574	24.3	12418	117.6	1955	18.5
二级区	425.5	2732	6.4	13912	32.6	1588	3.7
三级区	884.6	2010	2.3	8977	10.1	427	0.5
四级区	1027.2	513	0.5	821	0.8	52	0.1
总计	2442.8	7829	/	36128	/	4022	/

广州是常住人口超过1200万的超大型城市，其经济总量以每年近两位数百分比速率增长。土地资源是承载这一切经济与社会活动的基础，合理的土地利用和开发，不同区域之间开发的协调一致，是城市可持续发展的根本保障。

第一等级区是整个城市基础设施建设最为完备、公共设施和商业服务种类最为齐全的区域，未来应重视连接该区与周边区域的交通设施建设，以提升城市核心区域连通性，并引导和形成集约化的土地利用模式。

第二等级区是城市核心区与郊区的衔接区域，也是广州城市空间布局战略调整中新城区建设的主要区域，范围覆盖白云新城、奥体新城和花地新城。该区在不断改善与城市核心区之间的交通通达性的同时，应重视和推进基础设施建设，尤其是完善居住社区和商业服务区的各类功能，充分发挥新城区在改善人居环境，疏散人口、产业和建筑密度，减轻城市核心区域交通负荷等方面的作用，有效提升新城区的辐射能力，并缓解核心城区就业、交通、公共服务上的压力，实现城市功能的空间布局优化。

第三等级区是城市基础设施建设较为薄弱的区域，应该加强轨道交通基础设施建设，尤其是提升大学城和广州新城中心到城市核心区域的地铁网络通达性和辐射能力，并注重广州新城中心与南沙新区的衔接，以提升其城市服务功能，带动城市各区域协调和可持续发展。

第四等级区是城市基础设施建设最为薄弱的区域，未受到地铁网络的覆盖，必须加强道路和公交线路等地面交通基础设施的建设，并在条件许可情况下，尽快实现地铁网络的覆盖，以促进区域协调发展。

4 结论

交通基础设施密度描述了交通资源在空间上分布的疏密程度，是表征城区交通通达性的主要因子，同时也间接反映了区域社会经济的发展程度。本研究以广州城区为例，结合地铁网络时间通达性的空间分析，实现了多重指标的城区通达性综合评价，并改进了针对不同评价指标的具体计算方法。

研究结果表明，广州市地铁网络的时间通达性与区域道路、公交线路密度分布的空间格局都呈现出同心圈层结构，表现为从城市核心区域向外，通达性逐渐衰减，反映出广州市交通基础设施以核心区域为中心向四周方向延伸的空间布局特征对区域通达性的影响方式和程度。

同时，广州市城区通达性综合评价揭示了“两心四城”存在明显的区域差异性，城市空间布局和架构有待进一步完善和优化。其中，天河新城中心得益于城市核心区的区位优势，通达性程度最优，而奥体新城、花地新城和白云新城处于城市核心区与城郊的衔接处，区位交通条件较好。而大学城与外部关联连接薄弱，造成整体通达性程度较差。广州新城中心在空间上远离城市核心区，交通基础设施建设不完备，尤其缺乏完善的干道网络和公共交通网络支撑，通达性程度最差。

最后，基于城区通达性综合评价的分级区位划分结果显示，广州城市的空间布局依然呈现较强的向心性指向。第一等级区与城市核心区域在空间上耦合；第二等级区是广州城市空间布局战略调整中的新城区建设区域，东西向的延伸距离基本一致，南北向分布差异较大，南向延展的趋势显著；第三等级区包括大学城和广州新城中心，应增强其与南沙新区的衔接关联，以提升其城市服务功能，是

增强城市核心区通达性向外辐射作用,以及带动城市各区域协调和可持续发展的重要步骤;第四等级区则是城市发展和基础设施建设最为薄弱的区域,其发展程度远远落后于其他区域。

影响城市区位因素是多方面的,为更好地评价城区通达性水平,在未来的通达性研究中,还需要探讨诸如人口、就业岗位分布、出行行为等因素的影响。另外,时间序列上的通达性动态演变,在城市基础设施建设引导下,城市空间结构的调整与响应也是未来的研究重点。

## 参考文献(References)

- 陈洁, 陆锋, 程昌秀. 2007. 可达性度量方法及应用研究进展评述. 地理科学进展, 26(5): 100-110. [Chen J, Lu F, Cheng C X. 2007. Advance in accessibility evaluation approaches and applications. Progress in Geography, 26(5): 100-110.]
- 程昌秀, 张文尝, 陈洁, 等. 2007. 基于空间句法的地铁可达性评价分析: 以2008年北京地铁规划图为例. 地球信息科学, 9(6): 31-35. [Cheng C X, Zhang W C, Chen J, et al. 2007. Evaluating the accessibility about Beijing's subway in 2008 based on spatial syntax. Geo-information Science, 9(6): 31-35.]
- 邓羽, 蔡建明, 杨振山, 等. 2012. 北京城区交通时间可达性测度及其空间特征分析. 地理学报, 67(2): 169-178. [Deng Y, Cai J M, Yang Z S, et al. 2012. Measuring time accessibility with its spatial characteristics in urban areas of Beijing. Acta Geographica Sinica, 67(2): 169-178.]
- 冯长春, 丰学兵, 刘思君. 2013. 高速铁路对中国省际可达性的影响. 地理科学进展, 32(8): 1187-1194. [Feng C C, Feng X B, Liu S J. 2013. Effects of high speed railway network on the inter-provincial accessibilities in China. Progress in Geography, 32(8): 1187-1194.]
- 广州市地下铁道总公司. 2011. 广州地铁2010年度报告. 广州: 广州年鉴出版社. [Guangzhou Metro Corporation. 2011. Guangzhou metro yearbook in 2010. Guangzhou, China: Guangzhou Yearbook Press.]
- 广州市交通规划研究所. 2011. 2010年广州市城市交通运行报告. 广州: 广州出版社. [Guangzhou Transport Planning Research Institute. 2011. Guangzhou urban transport report in 2010. Guangzhou, China: Guangzhou Press.]
- 李平华, 陆玉麒. 2005. 城市可达性研究的理论与方法评述. 城市问题, (1): 69-74. [Li P H, Lu Y Q. 2005. Metropolitan accessibility: literature review and research progress in the west. Urban Problems, (1): 69-74.]
- 林琳, 卢道典. 2011. 广州重大交通设施建设与空间结构演化研究. 地理科学, 31(9): 1050-1055. [Lin L, Lu D D. 2011. Major transportation facility and spatial structure evolution in Guangzhou. Scientia Geographica Sinica, 31(9): 1050-1055.]
- 刘世翔, 胡艳飞, 闫清华, 等. 2011. 专家克里金插值法在空间插值中的应用. 地质与资源, 20(4): 292-294. [Liu S X, Hu Y F, Yan Q H, et al. 2011. Application of Expert Kriging Algorithm in the spatial interpolation. Geology and Resources, 20(4): 292-294.]
- 刘贤腾. 2007. 空间可达性研究综述. 城市交通, 5(6): 36-43. [Liu X T. 2007. General description of spatial accessibility. Urban Transport of China, 5(6): 36-43.]
- 陆化普, 王继峰, 张永波. 2009. 城市交通规划中交通可达性模型及其应用. 清华大学学报: 自然科学版, 49(6): 781-785. [Lu H P, Wang J F, Zhang Y B. 2009. Models and application of transport accessibility in urban transport planning. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 49(6): 781-785.]
- 毛蒋兴, 闫小培. 2005. 城市交通系统与城市空间格局互动影响研究: 以广州为例. 城市规划, 29(5): 45-49. [Mao J X, Yan X P. 2005. Study on mutual mechanism between urban transport system and urban space pattern: a case study of Guangzhou. City Planning Review, 29(5): 45-49.]
- 桑丽杰, 舒永钢, 祝炜平, 等. 2013. 杭州城市休闲绿地可达性分析. 地理科学进展, 32(6): 950-957. [Sang L J, Shu Y G, Zhu W P, et al. 2013. Accessibility of urban green spaces in Hangzhou City. Progress in Geography, 32(6): 950-957.]
- 沈惊宏, 陆玉麒, 兰小机, 等. 2012. 区域综合交通可达性评价: 以安徽省为例. 地理研究, 31(7): 1280-1293. [Shen J H, Lu Y Q, Lan X J, et al. 2012. Assessment on accessibility of regional comprehensive transport: a case study of Anhui. Geographical Research, 31(7): 1280-1293.]
- 宋正娜, 陈雯, 车前进, 等. 2010. 基于改进潜能模型的就医空间可达性度量及缺医地区判断: 以江苏省如东县为例. 地理科学, 30(2): 213-219. [Song Z N, Chen W, Che Q J, et al. 2010. Measurement of spatial accessibility to health care facilities and defining health professional shortage areas based on improved potential model: a case study of Rudong County in Jiangsu Province. Scientia Geographica Sinica, 30(2): 213-219.]
- 王国刚, 刘彦随, 方方. 2013. 环渤海地区土地利用效益综合测度及空间分异. 地理科学进展, 32(4): 649-656. [Wang G G, Liu Y S, Fang F. 2013. Comprehensive eval-

- uation and spatial distinction of land use efficiency around Bohai Rim in China. *Progress in Geography*, 32(4): 649-656.]
- 向谦楠, 陈义华. 2010. 轨道交通可达性与区域经济发展的相关研究. *铁路运输与经济*, 32(11): 69-72. [Xiang Q N, Chen Y H. 2010. Study on interrelations between railway transport accessibility and regional economic development. *Railway Transport and Economy*, 32(11): 69-72.]
- 徐爱萍, 胡力, 舒红. 2011. 空间克里金插值的时空扩展与实现. *计算机应用*, 31(1): 273-276. [Xu A P, Hu L, Shu H. 2011. Extension and implementation from spatial-only to spatiotemporal Kriging interpolation. *Journal of Computer Applications*, 31(1): 273-276.]
- Ahlfeldt G M, Wendland N. 2011. Fifty years of urban accessibility: the impact of the urban railway network on the land gradient in Berlin 1890-1936. *Regional Science and Urban Economics*, 41(2): 77-88.
- Chen S P, Tan J J, Claramunt C, et al. 2011. Multi-scale and multi-modal GIS-T data model. *Journal of Transport Geography*, 19(1): 147-161.
- Deichmann U. 1997. Accessibility indicators in GIS. Department for economic and social information and policy analysis. New York: University of New Mexico Press.
- Geertman S C M, Vank Eck J R R. 1995. GIS and models of accessibility potential: an application in planning. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(1): 67-80.
- Geurs K T, Wee B V. 2004. Accessibility evaluation of land use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2): 127-140.
- Goodall B. 1987. *Dictionary of human geography*. London: Penguin Press.
- Hansen W G. 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2): 73-76.
- Jiang Y, Zegras P C, Mehndiratta S. 2012. Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China. *Journal of Transport Geography*, 20(1): 1-14.
- Keeble D, Offord J, Walker S. 1988. *Peripheral regions in a community of twelve member states*. Luxembourg: Commission of the European Community Press.
- Kreutzberger E D. 2008. Distance and time in intermodal goods transport networks in Europe: a generic approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(7): 973-993.
- Marín A, García-Ródenas R. 2009. Location of infrastructure in urban railway networks. *Computers & Operations Research*, 36(5): 1461-1477.
- Mavoa S, Witten K, McCreanor T, et al. 2012. GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 20(1): 15-22.
- Salze P, Banos A, Oppert J M, et al. 2011. Estimating spatial accessibility to facilities on the regional scale: an extended commuting-based interaction potential model. *International Journal of Health Geographics*, 10(1): 2-12.
- Sohn J. 2006. Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: an accessibility approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(6): 491-506.
- Wang J E, Jin F J, Mo H H, et al. 2009. Spatiotemporal evolution of China's railway network in the 20th century: an accessibility approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(8): 765-778.



# Urban accessibility evaluation and spatial differentiation in Guangzhou

CHEN Shaopei<sup>1</sup>, QIU Jianni<sup>2</sup>

(1. School of Public Policy and Management, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China;

2. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** The city of Guangzhou has proposed an urban spatial development strategy characterized by "advancing to the east, connecting with the west, expanding to the south, and optimizing in the north" in 2000. The initial target of this strategy was to form an urban spatial pattern of "two centers and four towns" in the city of Guangzhou by 2010. Later "adjusting in the central area" was added to the strategy to further optimize the layout of urban development, and to form a multi-center, clustering, and network type of urban spatial architecture by 2020. The implementation of this urban spatial development objective and the strategic adjustment require the essential support provided by the urban transport system, which demands higher quality development of the system. Urban transport infrastructure construction and the layout not only reflect the level of development of the city, but also are the important indicator and object of study and investigation of the differences in urban accessibility. With the development of urban transport in Guangzhou, especially the urban rail rapid transit (metro) network development in recent years, urban transport accessibility of the city has undergone significant changes, and also has an essential impact on and plays a key role in the structure and layout of urban spatial extension. In this context, this paper applies a grid-based partition method in a GIS (Geography Information System) environment to calculate the transportation infrastructure densities (including road density and bus line density) and analyze their spatial distribution. Moreover, this study measures the urban rail rapid transit network time-based accessibility based on matrix analysis and comprehensively investigates urban accessibility and its spatial characteristics in Guangzhou. The results show that the spatial pattern of urban accessibility in the city of Guangzhou is characterized by a concentric ring structure radiating outwards from the core area of the city. There are large regional variations between different areas in urban accessibility and the urban spatial pattern and structure of the city should be further improved and optimized. On the basis of multiple indicators, including time-based accessibility indices at each metro station and regional urban transport infrastructure densities, the study area is divided into different zones and the relationship between location and transportation accessibility is explored. At last, this paper integrates the spatial distributions and differences of urban public, commercial and residential facilities to further examine the characteristics and differentiation of urban spatial pattern in the city of Guangzhou, in order to provide scientific supports for the urban construction and spatial development.

**Key words:** accessibility; transportation infrastructures; grid; location; Guangzhou