

经济发达地区交通网络演化对 通达性空间格局的影响 ——以广东省东莞市为例

曹小曙，阎小培

(中山大学城市与区域研究中心，港澳珠江三角洲研究中心，广州 510275)

摘要：本文以广东省东莞市为例，分析了改革开放二十余年来经济发达地区交通网络的演化，以及由此引起的通达性空间格局的变化。由于东莞市经济发达地区交通网络结构已趋于成熟，通达性空间格局呈现均质化发展状态，区域的空间收敛显著，明显改变了区位决策的条件，扩大了区位决策的范围和选择余地。这也从一个侧面解释了广东省东莞市城镇发展的区域蔓延现象。

关键词：网络结构；通达性；空间格局；东莞市

中图分类号：F512.99 **文章编号：**1000-0585(2003)03-0305-08

交通网络结构变化对通达性空间格局演化的影响是近年来交通运输地理学的研究热点^[1~5]。日本学者系统探讨了从 1868 年至 1990 年日本铁路发展对整个日本城市体系通达性的影响，认为由于通达性的改变使日本的城市体系得到较快发展，铁路交通网络的扩展使通达性与城市体系相互融合^[6]。对于都市连绵区内部通达性的实证研究中，认为都市连绵区内部通达性质量的提高，并不是区域环路的引导作用，而是要由其区位来决定，并且距离中心越远，通达性的提高越快^[7]。对欧共体的实证研究集中在对未来的预测方面，基础设施的改变将影响整个欧共体的发展变化，未来道路网络对通达性的影响是与经济活动中心紧密相连的^[8]。根据高速铁路网的规划，预测 2010 年通达性空间格局，各个中心的时空收敛将导致主要城市与腹地之间发展的不平衡^[9]。国内对于交通网络结构变化对通达性空间格局演化的影响研究集中于空间运输联系^[10~12]以及交通经济带等方面^[13~16]。本文在对广东省东莞市实地调查及资料分析的基础上，对其交通网络结构演化对通达性空间格局的影响进行了深入的探讨。

1 研究方法

交通网络的规模，是随着网络中节点数目及连接线路的变化而不断变化的。这种现象可以从不同时期的交通网络图直观地反映出来。本文研究区域位于珠江三角洲东部地区，是从广州到香港走廊的重要节点（图 1）。为了研究方便，需要对交通线路图进行拓扑变换，即将普通的交通图转变为拓扑图，本研究以东莞市域为范围，以三个时间段 1980 年、

收稿日期：2002-11-06；**修订日期：**2003-03-08

基金项目：国家自然科学基金项目（40201018）；教育部人文社会科学重大项目（01JAZJDGAT003）

作者简介：曹小曙（1970-），男，甘肃人，博士，讲师。主要从事城市与区域交通发展与规划研究。

1990年、2000年探讨东莞市的交通网络结构变化。根据地图、统计资料、访谈和实地踏勘分别做出以上三个时间段面的东莞市交通网络拓扑图。图2显示了东莞市1980年、1990年、2000年陆路网络的变化情况。

反映网络连接程度的指标有连接率(β)和环路指数(μ):

$$\beta = e \div v$$

$$\mu = e - v + p$$

式中, β 是网络中线路数(e)与网络节点数(v)之间的比值,反映了每个节点平均连接的线路数, $\beta < 1$ 时,网络呈树状网络, $\beta > 1$ 时,网络为回路网络。 μ 等于线路数(e)减去节点数(v)再加上网络子图个数(p)之值,表示网络有多少环路数,网络愈发达, μ 值愈大。反映网络伸展程度的指标有网络直径 D ,是指网络中最远两节点最短路径的线路数。反映网络扩展潜力的指标有实际成环率(α)和实际结合度(γ):

$$\alpha = (e - v + p) / 2(v - 5) \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad \gamma = e / 3(v - 2) \quad (0 \leq \gamma \leq 1)$$

2 公路网络结构的演化

根据图2所显示的两个时间段的网络拓扑图,计算各个时间段的网络结构指标。表1是三个时间段的公路网络功能指数计算值,从中可以看出从80年代始至2000年东莞市公路网络的变化情况。

(1) 东莞市公路网络结构总体趋于完善,网络结构演化分为两个时间段。1980年,东莞市域公路网络有21个节点,22条主要公路线路。到1990年,节点增加至25个,线路增加至29条,10年间增加7条主要公路线路,线路增加的绝对值不大。道路里程从1225公里增加至1325公里,年增长率为1%,客运量增长率为94%,这一时期主要是提高公路等级。从1990年至2000年,节点数增加至30个,线路数为47条,10年间增加18条公路线路。道路里程增加至2467公里,年增长率为4.63%,和1%的增长率相比,增加3.63个百分点,增长程度显著,客运量增长率为77%。

(2) 东莞市公路网络节点的变化微弱,未来可能会减少。1980年的节点数为21个,1990年增长至25个,目前为30个,这与东莞市的镇级区域个数是一致的。由于经济的飞速发展及城市化的快速推进,网络的节点将不会有大的增长,根据东莞市的规划,至2010年网络节点仅仅增加3个。随着东莞市快速城镇化的发展,其中部分镇级区域已经在地域上连接起来,从而使整个区域内的节点数有可能减少。

(3) 东莞市公路网络的成熟速度加快。连接率(β)从1980年的1.048至1990年的1.16,增加了0.112,而从1990年的1.16至2000年的1.567,增加了0.407,90年代以后明显高于90年代以前。环路指数(μ)从1980年的2到1990年为5,增加了150%,1990年到2000年增加260%,90年代比80年代的增长显著。这说明网络正在由回路网

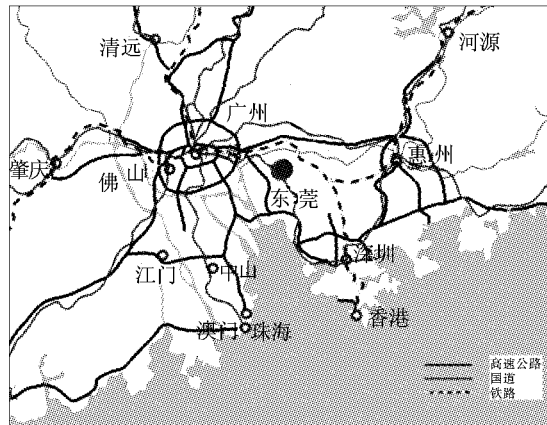


图1 东莞市区位图

Fig. 1 Location of Dongguan city

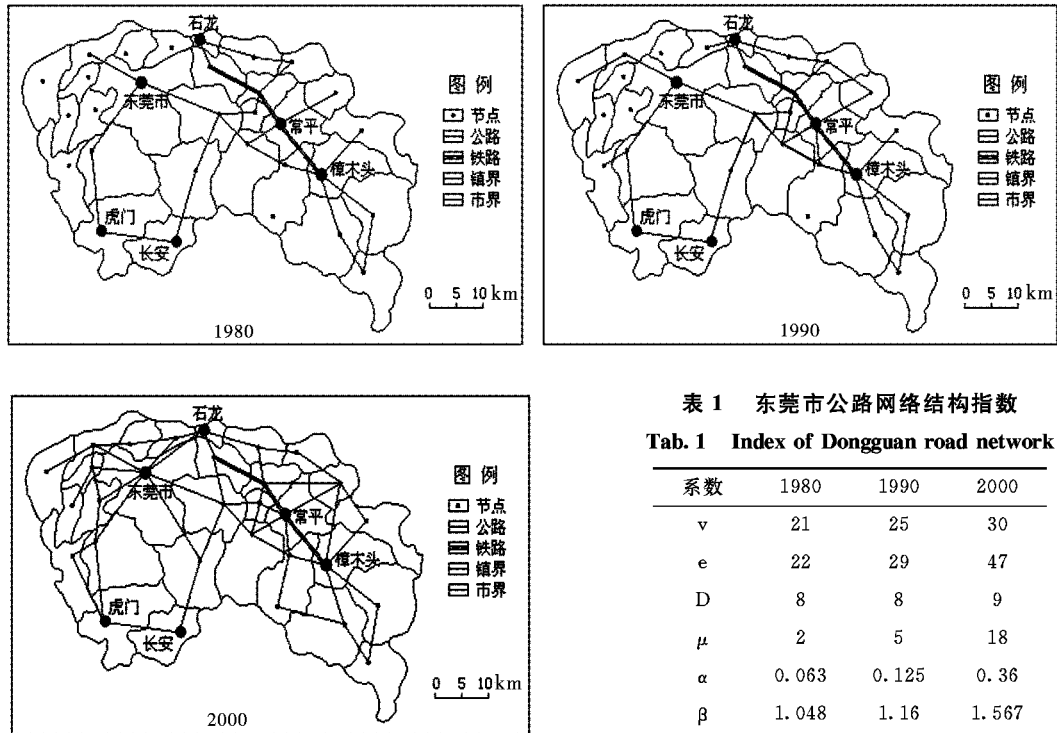


图 2 东莞市陆路交通网络示意图

Fig. 2 Dongguan road and railway network

表 1 东莞市公路网络结构指数

Tab. 1 Index of Dongguan road network

系数	1980	1990	2000
v	21	25	30
e	22	29	47
D	8	8	9
μ	2	5	18
α	0.063	0.125	0.36
β	1.048	1.16	1.567
γ	0.386	0.42	0.559

络向更成熟的格状网络发展。

(4) 网络的结合潜力仍然较大。由于一条线路只能与两个节点连接，而一个节点可以与任意条线路相连接，所以节点是网络扩展的基础。 α 和 γ 分别为实际成环率和实际结合度，所以 $(1-\alpha)$ 和 $(1-\gamma)$ 分别表示了环与线的结合潜力。东莞市域公路网络的 α 值从 1980 年 0.063 到 1990 年的 0.42，增长 566%，2000 年比 1990 年增长 188%。1980 年东莞市 γ 指数为 0.386，1990 年增长至 0.42，增长幅度 8.8%，2000 年与 1990 年相比，增长幅度为 33%。

3 陆路网络结构演化及铁路对网络结构的影响

由于在东莞市的发展中，主要的陆路网络是由公路组成的，铁路运输并未成网，但铁路运输在整体经济发展中起到不可低估的作用。东莞市陆路网络结构的变化见表 2。与公路网络结构相比，其特征是网络顶点数的变化微弱，只有在 1980 年，由于铁路线路的影响，整个网络结构，顶点增加了 1 个，其余年份网络顶点并无变化。网络边数的变化显著，由于铁路线路的增加，网络边数 1980 年增加了 4 个，1990 年增加 3 个，2000 年增加 3 个。就陆路网络结构的演变特点而言，基本具有与公路网络结构变化相同的特点。对比公路网络连接度指数与陆路网络连接度指数，铁路对于网络结构产生的影响具有以下几个方面的特点：(1) 网络节点的变化处于静止状态。1980 年由于铁路线路的影响，节点比

公路网络增加了 9.5%。90 年代以后节点并没有由于铁路的变化而有所变化,节点的变化与公路网络节点变化完全一致。这说明就节点而言,东莞市陆路网络的变化是完全受公路网络的变化所影响。线路的变化处于增长状态,1980 年增长 18.2%,1990 年增长 10.3%,2000 年增长 6.4%,同时可以看出增长的比率是持续降低的。

(2) 环路数 (μ) 与实际成环率 (α) 的变化最为显著。由于铁路的存在,陆路网络的环路数 (μ) 比公路网络 1980 年增

长 150%,1990 年增长 60%,2000 年增长 16.7%。这说明 80 年代铁路的存在对于网络的成熟速度起到重要作用。实际成环率 (α) 的变化具有同样的特点,1980 年增长 114%,1990 年增长 60%,2000 年增长 16.7%。连接率 (β) 与实际结合度 (γ) 具有相同的变换特点,只是其变化的幅度小于环路数 (μ) 与实际成环率 (α) 的变化幅度。

(3) 铁路在陆路网络结构趋于成熟过程中的作用越来越小。在各个时间段中除了节点的变化较为特殊以外,其它指标均有不同程度的变化,而且随着时间的推移,变化逐步减小,这也意味着在东莞市的发展过程中,铁路对于整个网络结构的影响是非常显著的,但是随着经济的快速发展,铁路对于网络整体的影响作用在逐渐减小。

4 通达性空间格局演化

通达性 (Accessibility) 是度量交通网络结构十分有效、显著的指标,它也是区域社会、经济发展的主要指标。由于在东莞市域内,陆路交通所占比例占据绝对主导地位,所以通达性的计算包括陆路运输的两种主要方式:公路、铁路。通达性值是根据网络最短路径公式所计算,即网络中某一节点到其他所有节点最快运行时间的总和,其值越小,通达性越好,其计算公式如下:

$$A_i = \sum_{j=1}^n T_{ij}$$

式中, n 是节点数目, T_{ij} 是从 i 点到 j 点的最少运行时间。根据各种统计资料和实地调查与访谈,确定了 1980 年、1990 年、2000 年各条线路的实际行车距离,各个时间段的行车速度,行车速度根据一般公路设计时速和实际行车速度确定 5 级,分别为 90km/小时、70km/小时、60km/小时、50km/小时和 40km/小时。(东莞市 1994 年干线公路的平均行车速度为 43.2km/小时,2000 年为 52.3km/小时,据东莞市交通局,2000 年)。

通达性空间格局作为影响经济发展的主要因素,本身受交通网络的发展影响。以东莞市域各镇为单位计算每个镇到其它各镇的通达性数值,其反映的是东莞市域内各镇相对通达关系的水平高低。

图 3 显示了东莞市域 1980 年、1990 年和 2000 年三个时间段的通达性的空间状态,从中可以得到以下结论:

(1) 通达性呈现西北—东南向的伸展格局。1980、1990、2000 三个时间段的通达性

表 2 东莞市陆路网络结构指数及铁路影响率

Tab. 2 Index of Dongguan land network and impact rates of railway

系数	1980	%	1990	%	2000	%
v	22	9.5	25	0	30	0
e	26	18.2	32	10.3	50	6.4
D	8	0	8	0	9	0
μ	5	150	8	60	21	16.7
α	0.135	114	0.2	60	0.42	16.7
β	1.183	12.9	1.28	10.3	1.667	6.4
γ	0.433	12.2	0.464	10.5	0.595	6.4

数据来源:根据调查资料计算

格局整体均呈现西北—东南向的空间倾斜，这与其陆路主要交通走廊的延伸方向一致。

(2) 通达性最优区域基本处于东莞市的几何中心。1980 年通达性最优区域是以常平镇、黄江镇为中心的东部区域。1990 年通达性最优区域出现了两个中心：以横沥镇为中心及以寮步镇、大郎镇、黄江镇和常平镇为中心的部分区域，通达性值小于 700 分钟。2000 年通达性值小于 700 分钟的中心区域包括常平镇、黄江镇、东坑镇、横沥镇、石碣镇、高步镇等。这些区域基本处于东莞市的几何中心。特别是常平是新兴的铁路枢纽，京九铁路、广梅汕、广深三线的交会处，也是东莞站、东莞东站的所在地，设有铁路客、货运口岸，铁路运输功能配套齐全，是一个地市级的枢纽大站，所以从 1980 年到 2000 年东莞市通达程度最优区域都是以常平镇为中心展开的。

(3) 通达性空间格局的变化呈现同心圈层，由最优区域向周边辐射。1990 年代通达性空间格局可以分为东部地区及西部地区两大部分。

(4) 广州一极对东莞市通达性空间格局的影响较大。2000 年通达性格局有了较大的变化，整体格局更加趋向于中心城市广州市，呈现向广州方向倾斜的趋势。通达性空间状态可以分为三个部分：以常平镇和黄江镇为中心向周边辐射的区域；以石碣、莞城、大岭山一线为界的西部区域以及东莞市域的东南部。

(5) 通达性整体发展态势良好。表 3 是根据三个时间段的通达性空间格局计算的不同通达值之间的面积比重，通达值小于 700 分钟，800~900 分钟以及 900~1000 分钟的面积极重从 1980 年起一直处于增长状态，而且通达值最小的区域变化最显著。1000~1100 分钟区域面积比重从增长到减少的变化状态。大于 1200 分钟的区域面积比重始终处于减少状态，且减少幅度较大。

(6) 通达性空间格局的变化具有明显的圈层特点，而且初始通达性优越区域的变化远远小于初始通达性较差区域的变化。图 4 显示了通达性变化的空间状态。1980~1990 年，

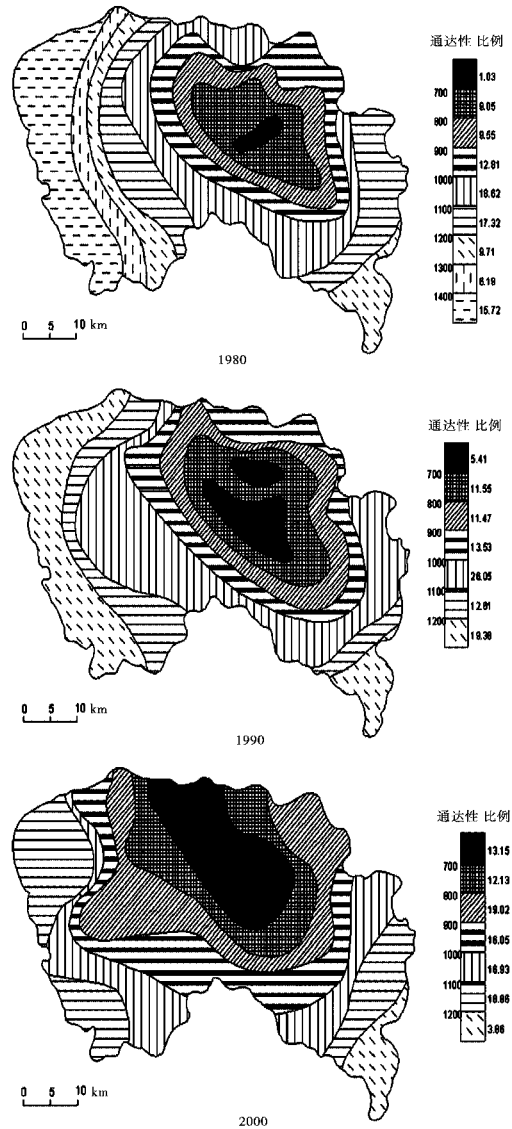


图 3 东莞市通达性空间格局

Fig. 3 Dongguan spatial structure of accessibility

东西部区域变化大、中部区域变化小。通达性值变化大于 200 分钟的有虎门镇、长安镇、厚街镇等沿 107 国道方向的区域。通达性值的变化小于 30 分钟的有樟木头镇、常平镇和企石镇。1990~2000 年,从东部向西通达性变化逐渐降低。通达性值变化大于 200 分钟的有虎门镇、长安镇、厚街镇等沿 107 国道方向的整个西部区域。通达性值的变化小于 30 分钟的有大郎镇、黄江镇、樟木头镇、清溪镇、塘厦镇、凤岗镇、谢岗镇、常平镇、桥头镇、横沥镇,其中变化最小的是黄江镇、横沥镇和常平镇。表 4 是通达值变化的分级及其所占比重。

表 3 东莞市域通达值所占比重
Tab. 3 Accessibility values and its rates

通达值 (分钟)	面积比重 (%)		
	1980	1990	2000
<700	1.03	5.41	13.15
700~800	9.05	11.55	12.13
800~900	9.55	11.47	19.02
900~1000	12.01	13.53	16.05
1000~1100	18.62	26.05	16.93
1100~1200	17.32	12.61	18.06
>1200	32.62	19.38	3.86

数据来源:根据图 3 计算

表 4 东莞市域通达值的变化及其所占比重
Tab. 4 Changes of accessibility and its rates

通达值变化 (分钟)	面积比重 (%)	
	1980-1990	1990-2000
<30	5.46	32.99
30~50	12.05	12.09
50~70	15.05	4.51
70~100	19.34	3.58
100~150	17.99	13.15
150~200	6.79	8.85
>200	22.52	24.83

数据来源:根据图 4 计算

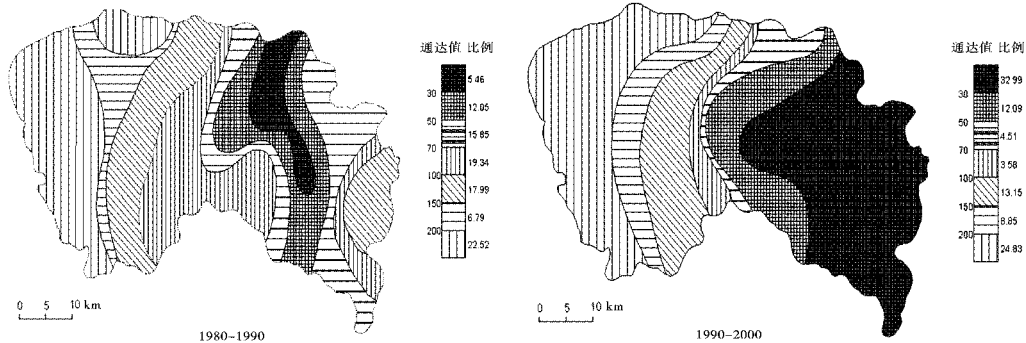


图 4 东莞市通达性空间格局变化

Fig. 4 Changes of accessibility

5 结论及讨论

根据以上分析,东莞市通达性空间格局呈现均质化的发展,也意味着其空间收敛显著,空间收敛的结果,是经济活动范围的扩大和空间相关类型的多样化和复杂化。空间收敛也明显地改变了区位决策的条件,扩大了区位决策的范围和选择余地,也提高了区位决策的灵活性。东莞市 1980 年通达性平均值为 1038 分钟,1990 年通达性平均值为 990 分钟,2000 年通达性平均值为 904 分钟,1980~1990 年变化为 48 分钟,1980~2000 年变化为 134 分钟。这种变化符合工业化后期交通运输发展与空间经济结构关系的变化规律,

由于多模式交通网络的完善与发展,现代交通覆盖的地区越来越大,可以以较短的时间和较少的费用联系那些曾经是遥远的地方,这样经济地理位置的差异就缩小了,也使得东莞市的空间经济效应产生了较大的变化,由原来的经济单极转化为市域范围内经济多极发展,城市发展也呈现区域蔓延现象。

影响通达性空间格局变化的因素是众多的,但最为基本的是基础设施的修建与完善。通达性空间格局的分布状态及其变化特点是随着网络结构及格局的变化而变化的。1980~1990年,东莞市交通基础设施的建设得到了前所未有的发展,表现在新增道路的建设 and 道路等级的提高方面。进入90年代,由于高速公路的建成,对通达性空间格局有显著的影响。东莞市西部地区的通达性空间格局由于高速公路的修建有显著的变化,具有沿高速公路变化的特征。东莞市今后应加强的是中西部的交通建设,使其内部的通达性处于同一水平。理论上讲,区域通达性越好,越有利于促进经济的发展。由于通达性的优越条件,加之经济发展的需求,东莞市通达性最好的区域,面向香港地区的房地产发展迅猛。

东莞市通达性空间格局的变化态势仅是交通网络发展中的一个短暂过程,由于交通网络还在不停地变化,通达性的空间格局亦会再次变化,但网络向高级化发展及通达性空间格局的优化趋势是不变的。东莞市交通网络的变化是网络向高级化发展的一个过程,节点间交通联系更加紧密,环路增加,各个节点在网络中的枢纽作用趋于相对平衡,原来意义上的交通枢纽的个别增长极作用大大降低,网络向多极化发展。从经济上看,进入工业化后期的珠江三角洲,特别是东莞市处于穗港交通走廊地带,生产技术进一步提高,产业扩散成为空间布局的重要趋势,多极化格局逐步形成,地域间产品生产专业化和深加工工业发展成为产业结构中的主导,并呈综合发展趋势。这也使交通网络经济复杂,既有异质区的互补联系,又有同质区在市场一体化状态下的相互介入。

参考文献:

- [1] Spence N, Linneker B. Evolution of the motorway network and changing levels of accessibility in Great Britain. *Journal of Transport Geography*, 1994, 2(4): 247~264.
- [2] Dupuy G, Stransky V. Cities and highway networks in Europe. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(2): 107~121.
- [3] Reggiani A, Lampugnani G. Towards a typology of European inter-urban transport corridors for advanced transport telematics applications. *Journal of Transport Geography*, 1996, 3(1): 53~67.
- [4] Royle S, Scott D. Accessibility and the Irish islands. *Journal of Geographical Association*, 1996, 81(351): 111~119.
- [5] Roger V, Spiekermann K *et al.* Accessibility and economic development in Europe. *Regional studies*, 1999, 33(1): 1~15.
- [6] Murayama Y. The impact of railways on accessibility in the Japanese urban system. *Journal of Transport Geography*, 1994, 2(2): 87~100.
- [7] Gutierrez J, Urbano P. Accessibility in the European union: the impact of the trans-European road network. *Journal of transport geography*, 1996, 4(1): 15~25.
- [8] Gutierrez J, Gomez G. The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40. *Journal of Transport Geography*, 1999, 7(1): 1~15.
- [9] Gutierrez, Gonzalez R. The European high-speed train network: predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(4): 227~238.
- [10] 金凤君. 我国空间运输联系的实验研究. *地理学报*, 1991, 46(1): 16~25.
- [11] 张文尝, 金凤君, 唐秀芳. 空间运输联系的分布与交流规律研究. *地理学报*, 1994, 49(6): 490~499.
- [12] 张复明. 区域性交通枢纽及其腹地的城市化模式. *地理研究*, 1999, 18(2): 171~177.
- [13] 费洪平. 产业带空间演化的理论研究. *热带地理*, 1993, 13(3): 274~280.

- [14] 郭振淮,金陵,李丽萍. 论产业密集带. 经济地理,1995,15(1):1~9.
- [15] 韩增林,杨荫凯. 交通经济带的基础理论及其生命周期模式研究. 地理科学,2000,20(4):295~300.
- [16] 韩增林,龙飞,张小军. 高速公路经济带形成演化机制与布局规划方法探讨. 地理研究,2001,20(4):471~478.

The impact of the evolution of land network on spatial structure of accessibility in the developed areas: the case of Dongguan city in Guangdong province

CAO Xiao-shu, YAN Xiao-pei

(Center for Urban and Regional Studies, Center for Studies of Hong Kong, Macao and Pearl River Delta, Sun Yen-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: In this paper, we analyze the impact of road and railway network on the spatial structure of accessibility, since reform and opening up in the past 20-odd years using Dongguan city in Guangdong province as an example. As the transport network goes to mature, the spatial structure of accessibility presents homogeneous development regime, and the "Time-Space Astringency" process of economically developed region apparently changed the decision-making conditions. Locational decision has been changed with changes of accessibility, leading to expansion in both area and scope of the locational decision. Ideally speaking, the better a accessibility in a district, the easier to improve the economic development, good transportation condition has showed fine accessibility. Take Dongguan for example, the district which has best accessibility is the district whose economy is developing faster, but not the fastest one. What is notable is that because of the superior condition of accessibility, together with the demand in the economic development, the district with best accessibility facing Hong Kong in Dongguan is developing dramatically in the estate.

The changing situation of the spatial structure of the accessibility in Dongguan is just a fleeting period in the transport network development. Dongguan must strengthen transport construction in the mid-western part in order to make the accessibility of the corridor's interior part stay at the same level. What the Guangzhou-Hong Kong Transport Corridor will face in future is the improvement of the accessibility's spatial structure, especially the contact zone between Guangzhou and Hong Kong.

Key words: network; accesssibility; spatial structure; Dongguan city